



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

ESTUDIO DE MERCADO PARA LA ADQUISICIÓN Y MODERNIZACIÓN DE MATERIALES NECESARIOS PARA EL RECONOCIMIENTO TÉCNICO DE UN PUENTE

Autor

CAC. Francisco Javier Fonseca Elices

Directores

Director académico: Dra. D^a. Mónica Delgado Gracia

Director militar: Cap. D. Rafael Ucendo Escudero

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
Año 2019

Resumen

El reconocimiento técnico de un puente se basa en la recogida de la información técnica del mismo. Una de las unidades del Ejército de Tierra encargadas de realizar este cometido es el Batallón de Zapadores X. A raíz de las distintas colaboraciones que se han realizado con otros ejércitos aliados en misiones internacionales, se ha evidenciado que el material del que disponen nuestros Zapadores para ejecutar este cometido es muy precario. Por ello, este proyecto se centra, principalmente, en la realización de un estudio de mercado para la adquisición y modernización de las herramientas necesarias para el reconocimiento técnico de un puente.

En primer lugar, se han expuesto dos conceptos previos que se consideran necesarios para la correcta comprensión del trabajo. El primero de ellos ha sido, la definición del reconocimiento técnico de un puente, y el segundo, la explicación del término *Military Load Classification* (MLC).

En segundo lugar, se ha llevado a cabo un análisis para detectar las necesidades actuales del Batallón de Zapadores X en el reconocimiento técnico de un puente, así como un inventario de las herramientas que actualmente utilizan para ello. Este ha sido el punto de partida de un estudio de mercado para la mejora, actualización y/o adquisición de nuevos materiales.

En tercer lugar, se ha usado la metodología “Análisis de valor”, para, de todos los productos obtenidos en el estudio de mercado, seleccionar tres herramientas de cada tipo. Posteriormente, se ha usado la metodología “Radar Chart”, para realizar una segunda selección y acabar obteniendo una herramienta de cada tipo.

En cuarto lugar, se ha planteado, si la mejora que supondrían estas herramientas es suficiente como para recomendar su adquisición a la Unidad o, por el contrario, es preferible no realizar dicha adquisición y continuar usando las herramientas que disponen actualmente. Todo ello, ha sido consultado previamente con el jefe de la Unidad que va a usar estas herramientas, la Sección de Reconocimiento y Desactivación.

Finalmente, se ha considerado que, aunque actualmente, la Unidad se encuentra capacitada para realizar un reconocimiento técnico de un puente, la adquisición de las herramientas consideradas “recomendables” en este trabajo, supondrá enormes facilidades a la Unidad para realizar el reconocimiento técnico de un puente. Todo ello, con una inversión muy baja, de tan sólo, 496,31€. Como trabajo futuro, queda pendiente la ampliación del estudio de mercado para la adquisición de las herramientas fuera de los proveedores homologados, cuando su oferta de productos sea reducida.

Abstract

The technical reconnaissance of a bridge is based on the technical data collection of it. One of the Earth Army units in charge of this is the Battalion of Combat Engineer X. Due to the different collaborations made with other allied armies on international missions, has revealed that the material of our Combat Engineers in charge of doing this task is very precarious. For this reason, this project focuses, mainly, in the market reserch for the acquisition and update of the necessary tools for technical reconnaissance of a bridge.

In the first place, two previous concepts, which were necessary for the comprehension of the project, were exposed. The first one was the definition of the technical reconnaissance of a bridge and the second, the explanation of Military Load Classification (MLC).

In the second place, an analysis, to detect the current necessities of the Battalion of Combat Engineer X in the technical reconnaissance of a bridge together with an inventory of the current tools used for it, was made. This has been the start of a market research for the improvement, upgrade and acquisition of new means.

In third place, a “Value Analysis” has been used to choose three tools of each type out of all the products obtained in the market research. After that, a “Radar Chart” has been used to make a second selection and to end up obtaining one single tool from each type.

In the fourth place, it has been planned, if the improvement of these means is well enough for recommending it to the Unit, or rather no to acquire it and continue using the current tools. Everything, has been previously consulted with the Commander, who is going to use them, the reconnaissance and deactivation platoon.

Finally, it has been considered that, even though the Unit is currently capable of making the technical reconnaissance of a bridge, the acquisition of the considered tools in this project will suppose huge facilities for the Unit. All up with such a low investment of 496,31€. As a future work, it would be interesting to expand the market research for the acquisition of means out of the certified suppliers, when its offer is low.

Agradecimientos

Quisiera expresar mi gratitud a todo el personal perteneciente al Batallón de Zapadores X por su desinteresada colaboración en lo relativo a mis prácticas externas y a mi Trabajo Fin de Grado.

En especial me gustaría agradecer a la 2ª Sección de la 2ª Compañía, al mando del Teniente Don Gonzalo Gómez López, la oportunidad que se me ha brindado de poder formarme como futuro Oficial del Ejército de Tierra integrándome con ellos desde el primer día de prácticas externas.

Y por supuesto, a la Sección de Reconocimiento y Desactivación (SEREDEX) de la Compañía de apoyo, al mando del Teniente Don Rafael Sainz Fuertes, por surtirme con toda la información y todos los manuales necesarios para la realización de este trabajo. Dentro de esta Sección, me gustaría agradecer de manera especial al Pelotón de Reconocimiento, al mando del Sargento Don Guillermo Fernández Cobos, por enseñarme todo su material para reconocimiento técnico de un puente, y darme sus puntos de vista para poder actualizarlo, mejorarlo o adquirir material nuevo.

Particular mención a mis tutores, el Capitán Don Rafael Ucendo Escudero, por el continuo interés y apoyo otorgado tanto en la integración en la Unidad y en la ciudad (Córdoba), como en la ayuda a la hora de redactar algunas partes del trabajo y la Doctora Doña Mónica Delgado Gracia por sus rápidas respuestas y ayudas a la hora de encarar la estructura del proyecto y las diferentes herramientas a utilizar en el mismo, siendo así, una guía constante para poder realizar el trabajo de forma muy satisfactoria.

Índice

Resumen	III
Abstract	IV
Agradecimientos	V
Índice de figuras	VIII
Índice de tablas	X
Lista de Acrónimos.....	XII
Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1. Antecedentes y motivación	1
1.2. Objetivos y metodología	2
Capítulo 2. Conceptos previos	3
2.1. Reconocimiento técnico de un puente.....	3
2.2. Military Load Classification.....	3
Capítulo 3. Análisis del Batallón de Zapadores X	5
3.1. Necesidades.....	5
3.2. Herramientas	7
3.3. Relación entre necesidades y herramientas	10
Capítulo 4. Estudio de mercado.....	16
4.1. Comparación de herramientas.....	17
4.1.1. Análisis de valor	17
4.1.2. Radar Chart.....	19
4.2. Elección final.....	25
4.3. Análisis de costes	29
Capítulo 5. Conclusiones y líneas futuras.....	30
5.1. Conclusiones	30
5.2. Líneas futuras	30
Referencias	31

APÉNDICES.....	32
Apéndice A. Clave para cubrir una ficha de puente.....	32
Apéndice B. Ficha de reconocimiento de un puente rellena 43	43
Apéndice C. Fotografías de las distintas herramientas.....	51
Apéndice D. Fotografías del material de escalada	55
Apéndice E. Nuevas herramientas propuestas	63
Apéndice F. Proveedores homologados del Batallón de Zapadores X	66
Apéndice G. Reducción de productos: de 10 a 3	67

Índice de figuras

Figura 1-1. Organigrama SEREDEX	1
Figura 2-1. Vehículo Transporte Oruga Acorazado (TOA) con MLC 12	4
Figura 2-2. MLC admitida por una estructura o superficie.....	4
Figura 3-1. Ficha de puentes (1).....	5
Figura 3-2. Ficha de puentes (2).....	6
Figura 3-3. Ficha de puentes (3).....	6
Figura 3-4. Ficha de puentes (4).....	7
Figura 4-1. Gráfico Radar Chart de distanciómetros láser.....	20
Figura 4-2. Gráfico Radar Chart de inclinómetros.....	21
Figura 4-3. Gráfico Radar Chart de calibres digitales.....	22
Figura 4-4. Gráfico Radar Chart de sondas náuticas.....	23
Figura 4-5. Soporte y sonda náutica instalados en embarcación.....	28
Figura A-1. Detalles vía circulación	33
Figura A-2. Detalles vía circulación	34
Figura A-3. Detalles puentes de arco	34
Figura A-4. Detalles puentes de vigas (1)	35
Figura A-5. Detalles puentes de vigas (2)	35
Figura A-6. Detalles puentes basculantes, de losa y levadizo.....	36
Figura A-7. Detalles puente colgante, atirantado y giratorio	36
Figura A-8. Detalles estribos.....	37
Figura A-9. Detalles pilas.....	37
Figura A-10. Atributos específicos puente de arco	38
Figura A-11. Atributos específicos puente de vigas	39
Figura A-12. Atributos específicos puente de viga en PI (π)	39
Figura A-13. Atributos específicos puente losa	40
Figura A-14. Atributos específicos puente de viga cajón	41
Figura A-15. Atributos específicos puente de arco gran luz	41
Figura B-16. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Plano de situación	43
Figura B-17. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Fotografías puente	47
Figura B-18. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Fotografías pilares	47
Figura B-19. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Detalles estribo 1	48
Figura B-20. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Detalles estribo 2.....	48
Figura B-21. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Pilares	49
Figura B-22. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Detalles barandilla.....	49
Figura B-23. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Detalles vigas	50
Figura C-24. Cinta métrica.....	51
Figura C-25. Sonda náutica Echotest II	51
Figura C-26. Cámara de acción Full HD 1080P	51
Figura C-27. Tablet "rugerizada"	52

Figura C-28. Fichas de puente plastificadas.....	52
Figura C-29. Telémetro	53
Figura C-30. Calibre o pie de rey	53
Figura C-31. Captura programa INFOEI (1).....	54
Figura C-32. Captura programa INFOEI (2).....	54
Figura D-33. Casco de protección y arnés de escalada	55
Figura D-34. Casco de protección. Parte externa.....	55
Figura D-35. Casco de protección. Parte interna	56
Figura D-36. Ocho.....	56
Figura D-37. Mosquetones.....	57
Figura D-38. Parte del arnés de seguridad	57
Figura D-39. Bloqueador de pie (1)	57
Figura D-40. Bloqueador de pie (2)	58
Figura D-41. Bloqueador ventral (1).....	58
Figura D-42. Bloqueador ventral (2).....	59
Figura D-43. Descensor (1).....	59
Figura D-44. Descensor (2).....	60
Figura D-45. Bloqueador de cuerda (1)	60
Figura D-46. Bloqueador de cuerda (2)	61
Figura D-47. Grigri. Asegurador con freno asistido (1).....	61
Figura D-48. Grigri. Asegurador con freno asistido (2).....	62
Figura E-49. Odómetro	63
Figura E-50. Distanciómetro láser	63
Figura E-51. Aparato de medición a través de fotografía	64
Figura E-52. Detector de metales.....	64
Figura E-53. Inclinómetro	65
Figura F-54. Tarjeta proveedor homologado: deportes MILLA	66
Figura F-55. Tarjeta proveedor homologado: suministros industriales SIERRA	66

Índice de tablas

Tabla 3-1. Datos necesarios para la caracterización de la vía de circulación, herramienta utilizada actualmente y propuesta de mejora	10
Tabla 3-2. Datos necesarios para la caracterización de la vía alterna, herramienta utilizada actualmente y propuesta de mejora	10
Tabla 3-3. Datos necesarios sobre las características del puente, herramienta utilizada actualmente y propuesta de mejora	11
Tabla 3-4. Datos necesarios de un puente de arco, herramienta utilizada actualmente y propuesta de mejora	11
Tabla 3-5. Datos necesarios de un puente de vigas, herramienta utilizada actualmente y propuesta de mejora	11
Tabla 3-6. Datos necesarios de un puente de vigas en PI (π), herramienta utilizada actualmente y propuesta de mejora	12
Tabla 3-7. Datos necesarios de un puente de losa, herramienta utilizada actualmente y propuesta de mejora	12
Tabla 3-8. Datos necesarios de un puente de viga en cajón, herramienta utilizada actualmente y propuesta de mejora	13
Tabla 3-9. Datos necesarios de un puente de arco de gran luz, herramienta utilizada actualmente y propuesta de mejora	13
Tabla 3-10. Datos necesarios de los apoyos del puente, herramienta utilizada actualmente y propuesta de mejora	13
Tabla 3-11. Datos necesarios sobre la clase del puente (MLC), herramienta utilizada actualmente y propuesta de mejora	14
Tabla 4-1. Distanciómetros láser en el mercado	18
Tabla 4-2. Datos para calcular CQ. Distanciómetros láser	18
Tabla 4-3. Detector de metales seleccionado en el estudio de mercado	19
Tabla 4-4. Tres distanciómetros láser seleccionados en el análisis de valor.....	19
Tabla 4-5. Distanciómetro láser seleccionado en el estudio de mercado.....	20
Tabla 4-6. Tres inclinómetros seleccionados en el análisis de valor	20
Tabla 4-7. Inclinómetro seleccionado en el estudio de mercado	21
Tabla 4-8. Odómetro seleccionado en el estudio de mercado.....	21
Tabla 4-9. Tres calibres digitales seleccionados en el análisis de valor	22
Tabla 4-10. Calibre digital seleccionado en el estudio de mercado	23
Tabla 4-11. Tres sondas náuticas seleccionadas en el análisis de valor.....	23
Tabla 4-12. Características de las sondas náuticas escaladas del 0 al 10.....	24
Tabla 4-13. Ponderación de las características de las sondas náuticas	24
Tabla 4-14. Valores ponderados de las características de las sondas náuticas	24
Tabla 4-15. Sonda náutica seleccionada en el estudio de mercado.....	25
Tabla 4-16. Aparato de medición a través de fotografía seleccionado en el estudio de mercado	25
Tabla 4-17. Costes.....	29

Tabla B-1. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Datos generales (1)	43
Tabla B-2. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Datos generales (2)	44
Tabla B-3. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Datos vías	44
Tabla B-4. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Características puente	44
Tabla B-5. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Puente tramo recto de hormigón	44
Tabla B-6. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Apoyos	45
Tabla B-7. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Elementos de seguridad	45
Tabla B-8. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Clase definitiva según INFOEI	45
Tabla B-9. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Clase definitiva	46
Tabla G-10. Detectores de metales en el mercado	67
Tabla G-11. Distanciómetros láser en el mercado	68
Tabla G-12. Valores CP, CQ y AP. Distanciómetros láser	69
Tabla G-13. Datos para calcular CQ. Distanciómetros láser	69
Tabla G-14. Tres distanciómetros láser seleccionados en el análisis de valor	69
Tabla G-15. Inclínómetros en el mercado	70
Tabla G-16. Valores CP, CQ y AP. Inclínómetros	70
Tabla G-17. Datos para calcular CQ. Inclínómetros	71
Tabla G-18. Tres inclinómetros seleccionados en el análisis de valor	71
Tabla G-19. Odómetros en el mercado	71
Tabla G-20. Calibres digitales en el mercado	72
Tabla G-21. Valores CP, CQ y AP. Calibres digitales	73
Tabla G-22. Datos para calcular CQ. Calibres digitales	73
Tabla G-23. Tres calibres digitales seleccionados en el análisis de valor	74
Tabla G-24. Sondas náuticas en el mercado	75
Tabla G-25. Valores CP, CQ y AP. Sondas náuticas	76
Tabla G-26. Datos para calcular CQ. Sondas náuticas	76
Tabla G-27. Tres sondas náuticas seleccionadas en el análisis de valor	77
Tabla G-28. Aparatos de medición a través de fotografía en el mercado	77

Lista de Acrónimos

AP	Adecuación del precio
CP	Clase de precio
CQ	Clase de calidad
FAS	Fuerzas Armadas
M	Momento Flector
Máx.	Máximo
Mín.	Mínimo
MLC	<i>Military Load Classification¹</i>
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
P _{máx.}	Precio Máximo
P _{mín.}	Precio Mínimo
Pn.	Pelotón
PRL	Prevención de Riesgos Laborales
SEREDX	Sección de Reconocimiento y Desactivación
TFG	Trabajo Fin de Grado
TOA	Transporte Oruga Acorazado
V	Esfuerzo Cortante

¹ Clasificación de Carga Militar

Capítulo 1. Introducción

1.1. Antecedentes y motivación

El reconocimiento técnico de puentes es uno de los muchos cometidos que realiza el Pelotón (Pn.) de reconocimiento² perteneciente a la Sección de Reconocimiento y Desactivación (SEREDEX), la cual está encuadrada en la Compañía de apoyo de cualquier Batallón de Zapadores del Ejército de Tierra.

En la Figura 1-1 se muestra el organigrama de la SEREDEX, perteneciente al Batallón de Zapadores de la Brigada X (Guzmán el Bueno), en la cual se ha basado la realización de este estudio:

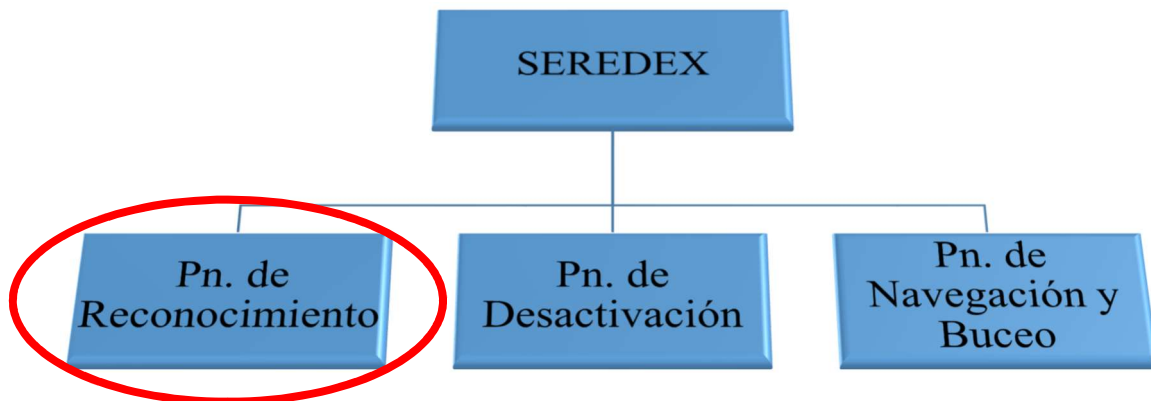


Figura 1-1. Organigrama SEREDEX

La principal motivación de este estudio surgió cuando la Sección anteriormente mencionada se encontraba desplegada en misión internacional, más concretamente, en Letonia. Allí se le encomendó el reconocimiento de distintos puentes en el país. Inicialmente, el Pelotón de Reconocimiento inició los reconocimientos en solitario (sin colaboración de otras coaliciones internacionales) pero la labor resultaba muy tediosa y requería de un tiempo muy amplio debido a los medios de los que la Unidad disponía para realizar los reconocimientos.

En ese momento la Unidad no era realmente consciente de la precariedad de sus herramientas porque no habían tenido la ocasión de trabajar conjuntamente con otras unidades aliadas. Se tomó conciencia del problema cuando los altos mandos de la misión decidieron que algunos países aliados apoyaran en los reconocimientos a la Unidad española.

² Dicho Pelotón lo componen un Sargento y cuatro Soldados.

Las herramientas que los países aliados usaban para los reconocimientos de los puentes eran más modernas y eficaces que las de la Unidad española. Algunas de estas unidades aliadas, disponían, incluso, de dispositivos móviles de rayos X que permitían radiografiar, de forma fácil y precisa, el interior del puente para su posterior visualización en ordenador.

En vista a las carencias demostradas, se planteó la necesidad de modernización de las herramientas existentes o adquisición de nuevas herramientas para el reconocimiento técnico de puentes.

1.2. Objetivos y metodología

El presente Trabajo Fin de Grado tiene como objetivo principal localizar las necesidades materiales para el reconocimiento técnico de puentes del Batallón de Zapadores perteneciente a la Brigada X (Guzmán el Bueno). Posteriormente, se decidirá, según las necesidades de la Unidad y las características de los materiales nuevos, si es conveniente y provechoso adquirir dicho material o, por el contrario, continuar usando las herramientas actuales de las que dispone el Batallón de Zapadores X.

Para cumplir con lo anteriormente expuesto se proponen una serie de objetivos secundarios:

- Conocer las necesidades que tiene la Unidad a la hora del reconocimiento técnico de un puente y la disponibilidad de herramientas para cubrir dichas necesidades.
- Relacionar las necesidades que tienen con las herramientas que utilizan, para así:
 - Poder comprobar, si todas las necesidades se pueden obtener mediante, al menos, una herramienta.
 - Observar qué herramientas se pueden modernizar y de esta manera cubrir estas necesidades.
- Proponer nuevas herramientas que mejoren sustancialmente las capacidades actuales de la Unidad para el reconocimiento técnico de un puente.
- Estudiar el grado de mejora en las capacidades con la adquisición de las nuevas herramientas propuestas y, de esta manera, decidir si la mejora es suficiente como para recomendar la adquisición de estas herramientas.

Para cumplir con lo anterior, se aplicarán varias metodologías de comparación, como son, “Análisis de valor” y “Radar Chart”.

Capítulo 2. Conceptos previos

En este apartado se exponen una serie de conceptos previos necesarios para garantizar la comprensión en la lectura del trabajo. Estos conceptos explican qué es el reconocimiento técnico de un puente de forma teórica y la *Military Load Classification* (MLC).

2.1. Reconocimiento técnico de un puente

Según el manual técnico de puentes [1], la finalidad del reconocimiento técnico de un puente es:

- Determinar la capacidad de carga de los puentes con vistas a su posible utilización.
- Determinar el tipo de refuerzo conveniente en caso de que la capacidad de carga no sea la requerida.

El manual americano de reconocimiento de ingenieros [2] nos da una definición más completa que dice que el reconocimiento técnico de un puente está dirigido a recoger información técnica detallada de los puentes que hayan sido seleccionados. La misión de reconocer un puente puede haber sido ordenada por varios motivos:

- El puente está en una ruta por la que se está circulando y hay que saber si pueden pasar los vehículos del convoy.
- Hay que realizar una clasificación de una carretera que pasa por algún puente.
- Se trata de una misión aislada focalizada en un puente seleccionado.

En cada caso, la información recolectada puede ser usada para:

- Determinar la capacidad de carga del puente y así poder calcular la *Military Load Classification* (MLC)³.
- Estimar los recursos necesarios para reparar o mejorar el puente.
- Recabar información para la estimación de material requerido a la hora de realizar la demolición de un puente y su planeamiento.

2.2. Military Load Classification

La MLC es un sistema estandarizado, en base al STANAG 2021 [3], utilizado por la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) para clasificar la cantidad de carga que una superficie puede soportar sin que suponga peligro alguno. Esta capacidad de carga es mostrada (mediante una señalización constituida por números enteros) en vehículos⁴, puentes, carreteras o rutas, tal como se muestra en las Figura 2-1, en la que se puede ver la MLC del vehículo en la parte delantera derecha del mismo y en la Figura 2-2, donde se observa la MLC que admite algún tipo de estructura o superficie.

³ Concepto explicado en el Apartado 2.2

⁴ Los vehículos son clasificados por peso, tipo y efectos que producen en la estructura.



Figura 2-1. Vehículo Transporte Oruga Acorazado (TOA) con MLC 12

En el ámbito militar esto agiliza en gran medida el procedimiento de paso de puentes. La facilidad de que el jefe del puente observe, a simple vista, si el puente es capaz de soportar la carga del vehículo, o no, aporta un aumento en la velocidad y en la seguridad en el procedimiento.



Figura 2-2. MLC admitida por una estructura o superficie

Capítulo 3. Análisis del Batallón de Zapadores X

En este apartado se expone el análisis de cómo se encuentra, actualmente, el Batallón de Zapadores X en lo relativo a materiales y herramientas para el reconocimiento técnico de un puente.

3.1. Necesidades

Cuando al Pelotón de Reconocimiento se le encarga el reconocimiento técnico de un puente su principal cometido es rellenar una ficha de registro de puentes mostrada en la Figura 3-1, Figura 3-2, Figura 3-3 y Figura 3-4 [1][4] en la que vienen los datos necesarios que se tienen que obtener de dicho puente.

B.2. FICHA DE PUENTES

UNIDAD	JEFE DEL RECONOCIMIENTO	
	EMPLEO	NOMBRE
OBJETO DEL RECONOCIMIENTO	FECHA	
	NÚM.	
- ZONA, EJE	CARTOGRAFÍA	
- PUNTO, OBJETIVO, OBRA...	COORDENADAS	
ACTUALIZA/MODIFICA RECONOCIMIENTO N.º		FECHA
PLANO DE SITUACIÓN		IDENTIFICACIÓN
Escala 1:50.000		Fotografía (Vista general)
CARRETERA	PTO. KILOMÉTRICO	SENTIDO CIRCULACIÓN
VÍA CIRCULACIÓN		VÍA ALTERNA
ANCHURA TOTAL ANCHURA PLATAFORMA ANCHURA ACERA	ALTURA LIBRE ALTURA TABLERO	CARRETERA VADEO PUENTE REGLAMENTARIO

Figura 3-1. Ficha de puentes (1)

CARACTERÍSTICAS PUENTE

TIPO DE PUENTE	LUZ VANOS
TIPO DE ESTRUCTURA	NÚM. VANOS
MATERIAL	LONGITUD

ATRIBUTOS ESPECÍFICOS

APOYOS

ANCHO ESTRIBO FORMA Y DIMENSIONES	m	SECCIÓN PILAR (Forma y dimensión)	MATERIAL
--------------------------------------	---	--------------------------------------	----------

CLASE

SENCILLA	RUEDAS	DOBLE	RUEDAS	LIMITACIONES
	ORUGAS		ORUGAS	Altura:
				Anchura:
				Otros

PD4-410

B-14

Figura 3-2. Ficha de puentes (2)
ATRIBUTOS ESPECÍFICOS
PUENTE ARCO

Espesor total en clave	Factor deformaciones
Factor juntas	Factor fallo estribo
Flecha	Factor grietas
Factor tamaño estribos	

PUENTE VIGAS

Momento máx. Cálculo viga	Número vigas
Esfuerzo cortante máx.	Distancia entre ejes
Tren de cargas	Distancia borde eje 1.ª viga

PUENTE VIGAS EN

Momento máx. cálculo	Distancia entre ejes V.
Momento cortante máx.	Altura canto viga
Tipo tren de carga	Ancho viga
Espesor de la losa	

Figura 3-3. Ficha de puentes (3)

PUENTE DE LOSA

Momento máx. M/ancho/losa	Ancho apoyo
Tipo tren de cargas	Coefficiente empotramiento
Espesor de losa	Espesor relleno

PUENTE VIGA CAJÓN

Espesor de borde	Espesor en base cajón espesor en el centro
	Espesor en pared cajón altura interior cajón
	Ancho interior cajón

PUENTE ARCO GRAN LUZ

Tipo de arco	N.º apoyos transversales
Tipo tren de cargas	Distancia entre ejes apoyo
Espesor en clave	

Figura 3-4. Ficha de puentes (4)

Las páginas con las instrucciones clave, así como las definiciones de como rellenar los datos de la ficha se encuentran en el Apéndice A.

Para mostrar con más claridad cómo son estas fichas de puentes se ha incluido en el Apéndice B una ficha real rellenada por la SEREDEX.

3.2. Herramientas

Se expone a continuación una breve descripción de las herramientas actuales de las que dispone la SEREDEX para el reconocimiento técnico de puentes. En el Apéndice C se muestran fotografías⁵ de cada una de estas herramientas, excepto del material de escalada que se muestra en el Apéndice D:

Cinta métrica

Se dispone de una cinta métrica de 3 metros de longitud y 16 milímetros de anchura. Se utiliza para tomar mediciones manuales de longitud. Además, el Pelotón de Reconocimiento suele conseguir una cinta métrica de mayor longitud (5 metros) cuando salen a hacer ejercicios prácticos o misiones reales de reconocimiento técnico de un puente. Esta cinta métrica se la prestan otras Secciones del Batallón que en ese momento no van a hacer uso de ella.

Sonda náutica Echotest II

Se dispone de una sonda náutica manual. Es un instrumento para determinar la distancia vertical entre el fondo del río y la propia sonda que realiza la medición. Con ella se realizan mediciones punto por punto de forma manual. Es decir, en cada punto que se quiere conocer la profundidad del fondo del río, se tiene que efectuar una medición nueva.

⁵ Estas fotografías han sido tomadas directamente del parque de material de la SEREDEX del Batallón de Zapadores X perteneciente a la Brigada X (Guzmán el Bueno).

Cámara de acción Full HD 1080P

Se dispone de una cámara de acción GoPro, la cual se usa para tomar fotografías o videos del puente que se está reconociendo y de la zona del mismo, para posteriormente, en el trabajo de gabinete, examinarlas con más detenimiento por si surgieran dudas y así evitar tener que volver a la zona en cuestión. Algunas de estas fotografías también se suelen añadir al final de las fichas de puentes como información adicional y complementaria.

Material de escalada

Como se muestra en el Apéndice D, se dispone de diferente material de escalada. El objetivo de este material es proporcionar las capacidades y la protección necesaria a la hora de realizar mediciones que requieran descolgarse de la estructura o descender a través de esta.

Como se puede apreciar en las imágenes, la mayoría de este material está sin estrenar. A pesar de ser un material de primera calidad y con todos los requisitos de seguridad en vigor, actualmente no está permitido su uso debido a las normas de Prevención de Riesgos Laborales (PRL) de la Brigada X (Guzmán el Bueno) [5].

La propia Brigada dispone de una instalación, llamada “Torre Multiusos”, la cual, según las normas de PRL, es el único lugar establecido para que el personal perteneciente a dicha Brigada realice procedimientos de escalada (entre los que se encuentra el descolgarse).

Además, para poder hacer uso de la Torre Multiusos es obligatorio cumplir dos requisitos: en primer lugar, tiene que estar presente un instructor acreditado por la propia Brigada y, en segundo lugar, el material de escalada que, obligatoriamente, se tiene que usar durante la utilización de dicha instalación, es un material exclusivo y específico para ser usado en dicha instalación. Por este motivo, no cabe la posibilidad de que cada persona o Unidad que realice prácticas en la Torre Multiusos utilice su propio material de escalada.

Actualmente el Batallón de Zapadores X solo dispone de un instructor acreditado por la Brigada X. Este instructor es un Teniente que está encuadrado en la 1ª Sección de la 2ª Compañía; por tanto, no pertenece a la SEREDEX. Para poder ser instructor acreditado el Teniente ha tenido que recibir un curso, impartido por un diplomado en Montaña, sobre las técnicas y procedimientos que se deben usar en la Torre Multiusos. Es importante añadir, que este curso, solo le capacita para la utilización de la Torre Multiusos de la Brigada X (Guzmán el Bueno).

Con todo lo anterior, se pone de manifiesto la dificultad que tiene la SEREDEX para poder instruirse en esta instalación y también, que, aunque lo hicieran, no podrían aplicar los conocimientos adquiridos para, si fuera necesario, descolgarse en el reconocimiento de un puente, porque no les está permitido usar estos conocimientos fuera de la instalación.

Por tanto, actualmente, no sólo es difícil la realización de ejercicios de instrucción en procedimientos de escalada, sino que, además, no se permite que se utilicen los conocimientos aprendidos para ejecutar reconocimientos de puentes.

Tablet ruggedizada KT86 IP67

Se dispone de una tablet con funda “ruggedizada”, la cual se usa principalmente para la consulta de mapas y por supuesto, de cualquier dato necesario que se pudiera llevar en soporte digital. Esta tablet puede ser sumergida hasta 1 metro de profundidad sin que afecte de ninguna manera a su funcionamiento.

Fichas de puente plastificadas

Se dispone de la ficha de puentes (y también de otros tipos de reconocimientos distintos) en formato reducido y plastificado. Su uso principal es ir anotando las medidas con rotulador encima de la casilla correspondiente mientras se realiza el reconocimiento. Posteriormente, una vez acabado dicho reconocimiento y anotadas todas las medidas en soporte informático se procedería a su borrado de las hojas plastificadas.

Telémetro LW600SPI 4-600M

Se dispone de un telémetro para la toma de medidas de forma remota, sin estar cerca del puente. Para realizar la medición con el telémetro, el operador pulsa el botón de medición y el diodo láser emite pulsaciones de luz con una fase constante. El reflejo sobre el objetivo, el cual se visualiza con un punto de color rojo, modificada la fase de la luz pulsada. Esta diferencia de fase es proporcional a la distancia entre el telémetro y el objetivo, de esta manera, el telémetro calcula la distancia.

Calibre o pie de rey

Se dispone de dos modelos distintos de calibre, uno más moderno (el de color gris) y otro más antiguo (el de color blanco). Se usan principalmente para la medición de objetos de pequeño tamaño.

Programa informático “INFOEI”

Es un programa informático muy sencillo e intuitivo para ser utilizado debido a que, con la introducción de algunos datos básicos, como son algunas mediciones que se observan en la Figura C-31, el programa devuelve datos técnicos que hubieran sido más tediosos de calcular a mano.

Una vez iniciado el programa, va pidiendo los mismos datos que aparecen en la ficha de puentes y, automáticamente, este calcula los esfuerzos máximos soportados y la MLC permanente del puente. Los resultados proporcionarán los datos para acabar de rellenar la ficha de puente con los datos que no teníamos, como, por ejemplo, el momento máximo, el cortante y la clase del puente [6].

3.3. Relación entre necesidades y herramientas

Desde la Tabla 3-1 hasta la Tabla 3-11 se muestra la relación entre los datos necesarios⁶ que necesita recabar el Pelotón de Reconocimiento y el material que usan actualmente para obtener estos datos. Además, se muestra si alguna de esas necesidades de datos se encuentra actualmente sin cubrir por ninguna de las herramientas de los que disponen.

En el Apéndice A, se muestran las especificaciones en las que se puede ver con detalle qué se pide en cada dato necesario.

Cuando se muestra la propuesta de mejora “poder utilizar material de escalada” significa que se conseguirá una mejora sustancial de dicha capacidad, si se resuelve el problema planteado en el Apartado 3.2, en lo que respecta a material de escalada.

En el Apéndice E, se exponen y explican las nuevas herramientas, que no han sido explicadas en apartados anteriores y son propuestas como mejora en las siguientes tablas:

CARACTERIZACIÓN DE LA VÍA DE CIRCULACIÓN

Dato necesario	Herramienta utilizada actualmente	Propuesta de mejora
Anchura total	Cinta métrica	Odómetro
Anchura plataforma	Cinta métrica	Odómetro
Anchura acera	Cinta métrica	
Altura libre	Telémetro	Distanciómetro láser / Aparato de medición a través de fotografía
Altura tablero	Telémetro	Aparato de medición a través de fotografía

Tabla 3-1. Datos necesarios para la caracterización de la vía de circulación, herramienta utilizada actualmente y propuesta de mejora

CARACTERIZACIÓN DE LA VÍA ALTERNA

Dato necesario	Herramienta utilizada actualmente	Propuesta de mejora
Vadeo	Sonda náutica	Sonda náutica con mejores prestaciones

Tabla 3-2. Datos necesarios para la caracterización de la vía alterna, herramienta utilizada actualmente y propuesta de mejora

⁶ Se ha usado la ficha de registro del apartado 3.1 con la excepción de que se han eliminado todos los datos que no requieran ningún tipo de herramienta para ser obtenidos.

CARACTERÍSTICAS DEL PUENTE

Dato necesario	Herramienta utilizada actualmente	Propuesta de mejora
Material		Detector de metales
Luz vanos	Telómetro	Aparato de medición a través de fotografía / Poder utilizar material de escalada
Longitud	Telómetro	Aparato de medición a través de fotografía / Odómetro

Tabla 3-3. Datos necesarios sobre las características del puente, herramienta utilizada actualmente y propuesta de mejora

ATRIBUTOS ESPECÍFICOS

PUENTE DE ARCO

Dato necesario	Herramienta utilizada actualmente	Propuesta de mejora
Espesor total en clave	Cinta métrica / Telómetro	
Factor juntas	Cinta métrica	
Flecha	Telómetro	
Factor grietas	Cinta métrica	

Tabla 3-4. Datos necesarios de un puente de arco, herramienta utilizada actualmente y propuesta de mejora

PUENTE DE VIGAS

Dato necesario	Herramienta utilizada actualmente	Propuesta de mejora
Momento máx. cálculo de viga	Programa INFOEI	
Esfuerzo cortante máx.	Programa INFOEI	
Distancia entre ejes	Cinta métrica	Poder utilizar material de escalada
Distancia borde eje 1. ^a viga	Cinta métrica	Poder utilizar material de escalada

Tabla 3-5. Datos necesarios de un puente de vigas, herramienta utilizada actualmente y propuesta de mejora

PUENTE DE VIGAS EN PI (π)

Dato necesario	Herramienta utilizada actualmente	Propuesta de mejora
Momento máx. cálculo	Programa INFOEI	
Momento cortante máx.	Programa INFOEI	
Espesor de la losa	Cinta métrica	Poder utilizar material de escalada
Distancia entre ejes V.	Cinta métrica	Poder utilizar material de escalada
Altura canto viga	Cinta métrica	Poder utilizar material de escalada
Ancho viga	Cinta métrica	Poder utilizar material de escalada

Tabla 3-6. Datos necesarios de un puente de vigas en PI (π), herramienta utilizada actualmente y propuesta de mejora
PUENTE DE LOSA

Dato necesario	Herramienta utilizada actualmente	Propuesta de mejora
Momento máx. M/ancho/losa	Programa INFOEI	
Espesor de losa	Cinta métrica	Poder utilizar material de escalada
Ancho apoyo	Cinta métrica / Telémetro	Poder utilizar material de escalada
Espesor relleno	Cinta métrica	Poder utilizar material de escalada

Tabla 3-7. Datos necesarios de un puente de losa, herramienta utilizada actualmente y propuesta de mejora

PUENTE DE VIGA EN CAJÓN

Dato necesario	Herramienta utilizada actualmente	Propuesta de mejora
Espesor de borde	Cinta métrica	Poder utilizar material de escalada
Espesor en base cajón espesor en el centro	Cinta métrica	Poder utilizar material de escalada
Espesor en pared cajón altura interior cajón	Cinta métrica	Poder utilizar material de escalada
Ancho interior cajón	Cinta métrica	Poder utilizar material de escalada

Tabla 3-8. Datos necesarios de un puente de viga en cajón, herramienta utilizada actualmente y propuesta de mejora

PUENTE DE ARCO DE GRAN LUZ

Dato necesario	Herramienta utilizada actualmente	Propuesta de mejora
Espesor en clave	Cinta métrica / Telémetro	
Distancia entre ejes apoyo	Cinta métrica / Telémetro	Aparato de medición a través de fotografía

Tabla 3-9. Datos necesarios de un puente de arco de gran luz, herramienta utilizada actualmente y propuesta de mejora

APOYOS DEL PUENTE

Dato necesario	Herramienta utilizada actualmente	Propuesta de mejora
Ancho estribo	Telémetro	Aparato de medición a través de fotografía
Sección pilar (forma y dimensiones)	Cinta métrica	
Material		Detector de metales
Forma y dimensiones	Cinta métrica	

Tabla 3-10. Datos necesarios de los apoyos del puente, herramienta utilizada actualmente y propuesta de mejora

CLASE (MLC) DEL PUENTE

Dato necesario	Herramienta utilizada actualmente	Propuesta de mejora
Clase	Programa INFOEI	
Limitación en altura	Telémetro	Aparato de medición a través de fotografía / Distanciómetro láser
Limitación en anchura	Cinta métrica	Distanciómetro láser

Tabla 3-11. Datos necesarios sobre la clase del puente (MLC), herramienta utilizada actualmente y propuesta de mejora

A continuación, se expone la justificación de las herramientas que han sido propuestas como mejora desde la Tabla 3-1 hasta la Tabla 3-11.

El odómetro se contempla como propuesta de mejora respecto a la cinta métrica que actualmente utilizan debido a que hay distancias que son más largas que la cinta métrica de la que disponen, por ello, hay ocasiones en las que con cinta métrica tienen que realizar repetidas mediciones para cubrir toda la distancia. Esto se evita con un odómetro.

El distanciómetro láser supone una mejora respecto al actual telémetro porque para medir con el telémetro el operador se debe encontrar a una distancia considerable del puente. Esto, en ciertas ocasiones puede ser beneficioso, pero no siempre, por ello, con un distanciómetro láser, se podría realizar la medición de la altura libre desde el propio puente, realizando una medición desde la superficie del puente hasta el primer obstáculo encontrado verticalmente.

Para utilizar el aparato de medición a través de fotografía también es necesario encontrarse a cierta distancia del puente. Aun así, la rapidez y sencillez con la que este aparato obtiene todas las medidas necesarias supone una mejora considerable.

La ficha de puentes, respecto al vadeo, solamente exige rellenarla con un “sí” o un “no” dependiendo de si es un río que puede ser atravesado mediante vadeo con vehículos. La sonda náutica de la que disponen actualmente es capaz de obtener este dato, pero, requiere de un procedimiento demasiado tedioso a la hora de realizar mediciones del fondo del río, como se expone en el Apartado 3.2, en lo referente a la sonda náutica. Por lo cual, se aprecia que existe capacidad de mejora en este tipo de herramienta debido a que, las nuevas sondas, usan procedimientos más modernos que no requieren la realización de mediciones punto a punto por el operador.

Se propone la adquisición de un detector de metales como mejora debido a que actualmente no disponen de ninguna herramienta para distinguir entre hormigón en masa y hormigón armado. Con este detector se conseguiría, simplemente, saber si el hormigón tiene armadura, pero sería imposible la obtención de más detalles sobre esta armadura debido a la escasa penetración de la herramienta en el hormigón. Aun así, para cubrir el dato necesario de material, es suficiente.

Por otro lado, el poder utilizar material de escalada supondría muchas facilidades para la Unidad a la hora de obtener algunos datos, ya que, actualmente, los tienen que obtener desde encima del puente, y algunas mediciones son incómodas y pierden precisión. Esto se debe a las posturas incómodas e inadecuadas que deben adquirir. Todo ello, se evitaría, si tuvieran la capacidad de realizar descolgamientos de los puentes y realizar las mediciones desde posiciones más adecuadas para ello.

En la Tabla 3-4, no se propone ninguna herramienta como mejora debido a que, para la obtención de los datos necesarios de dicha tabla, se seguirían usando el telémetro y la cinta métrica, ya que, se considera que son las herramientas más adecuadas para la obtención de estos datos. Esto es, porque son mediciones de pequeña longitud (excepto la flecha), que se obtienen de manera exacta y precisa con una cinta métrica.

Para la medida de la flecha, en un principio se pensó en proponer el aparato de medición a través de fotografía, pero, tras consultar a la empresa distribuidora, se vio que, este aparato no mostraría esta medida porque no era capaz de detectar el agua del río como origen de la medición.

En la Tabla 3-5, no se propone ninguna mejora al programa informático que actualmente se utiliza porque se considera que es un programa muy intuitivo, rápido y que genera unos resultados exactos.

En la Tabla 3-10 no se propone ninguna herramienta de mejora respecto a la cinta métrica debido a que, con esta es suficiente y, prácticamente, ninguna otra herramienta mejoraría, considerablemente, la capacidad de la Unidad para obtener estos datos.

Capítulo 4. Estudio de mercado

En este apartado se lleva a cabo un estudio de mercado con el objetivo de mejorar las herramientas ya existentes en la Unidad para el reconocimiento técnico de un puente y también, la propuesta de adquisición de nuevas herramientas que pudieran ser de utilidad.

Lo primero a tener en cuenta antes de realizar el estudio de mercado es que en las Fuerzas Armadas (FAS) las compras se suelen hacer a proveedores homologados. Por lo tanto, antes de empezar a rastrear el mercado se ha buscado al responsable de las compras en el Batallón de Zapadores X, el cual es un Sargento Primero especialista en Administración que está encargado de “Habilitación”⁷.

La información que se nos ha facilitado es que en el Batallón de Zapadores X (sito en Córdoba) los proveedores son muy limitados. Después de explicarle los tipos de herramientas sobre las que se quiere realizar un estudio de mercado nos ha recomendado dos proveedores de su lista. En el Apéndice E se encuentra toda la información referente a ellos.

Debido al escaso número de proveedores del Batallón, se nos informa también de que, si una compra está justificada y es productiva para la Unidad, se puede realizar a cualquier proveedor, aunque no esté en la lista de proveedores homologados del Batallón, siempre y cuando el pago de la compra sea realizado a través de una transferencia bancaria y nunca en efectivo.

Por todo lo anterior, la primera opción de compra son los proveedores homologados, por tanto, nuestro análisis de mercado comienza buscando en sus productos, entre los cuales encontramos los siguientes:

- Detectores de metales
- Distanciómetros láser
- Inclinómetros
- Odómetros

Las cuatro herramientas anteriores se muestran y explican en el Apéndice E.

Posteriormente, y debido a que los proveedores homologados no los suministraban, se ha estudiado el mercado, sin ninguna restricción de proveedores para los siguientes productos:

- Calibres digitales
- Sondas náuticas
- Aparato de medición a través de fotografía

Los calibres digitales y las sondas náuticas se muestran y explican en el Apéndice C, y el aparato de medición a través de fotografía, en el Apéndice E.

⁷ Es la oficina encargada de gestionar todo lo referente a los asuntos económicos del Batallón de Zapadores X y está directamente subordinada al Teniente Coronel jefe del Batallón.

4.1. Comparación de herramientas

A continuación, se realiza la comparación de las herramientas obtenidas en el mercado. Esta comparación finaliza cuando se obtiene la mejor herramienta analizada de cada tipo. Todo ello, después de aplicar dos metodologías de comparación; “Análisis de valor” y “Radar Chart”.

4.1.1. Análisis de valor

De cada producto del apartado anterior, se ha realizado una primera selección de entre 1 y 10 productos dependiendo de la disponibilidad y variedad del mercado. Posteriormente, y como se puede ver con detalle en el Apéndice F, se ha realizado un “Análisis de valor”⁸ [7] para conseguir llegar a una segunda selección más reducida, de entre 1 y 3 productos de cada tipo.

La herramienta “Análisis de valor” efectúa una comparación entre la calidad y el precio de las distintas herramientas. El término adecuación del precio, en base al cual se selecciona entre las distintas herramientas propuestas, se calcula según la Ecuación 1, en la que se seleccionan los productos con mayor valor del término de adecuación del precio:

$$\text{Adecuación del precio (AP)} = \frac{\text{Clase de calidad (CQ)}}{\text{Clase de precio (CP)}} \quad (\text{Ec. 1})$$

Para introducir las variables de entrada de la Ecuación 1 se realizan los siguientes pasos:

La CP se calcula mediante la Ecuación 2:

$$CP = 3 * \left[\frac{P_{propio} - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}} \right] + 1 \quad (\text{Ec. 2})$$

En donde:

- P_{\max} y P_{\min} son los precios máximo y mínimo de los productos semejantes.
- P_{propio} es el precio del producto analizado.

La fórmula asigna $CP = 4$ al producto más caro y $CP = 1$ al producto más barato.

Como ejemplo se muestra la Tabla 4-1, en la que se observan los diferentes distanciómetros láser encontrados en el estudio de mercado y sus respectivas características:

⁸ Herramienta para planificación de la calidad

Nombre	Precio	Precisión	Alcance	Peso
GLM 30 <i>Professional</i>	91,00 €	2,0 mm	30 m	0,09 kg
GLM 250 VF <i>Professional</i>	380,00 €	1,0 mm	250 m	0,24 kg
GLM 150 <i>Professional</i>	307,00 €	1,0 mm	150 m	0,07 kg
GLM 80 <i>Professional</i>	243,00 €	1,5 mm	80 m	0,14 kg
GLM 120 C <i>Professional</i>	326,00 €	1,5 mm	120 m	0,21 kg
GLM 40 <i>Professional</i>	125,00 €	1,5 mm	40 m	0,09 kg
GLM 50 C <i>Professional</i>	200,00 €	1,5 mm	50 m	0,10 kg

Tabla 4-1. Distanciómetros láser en el mercado

En esta tabla, el $P_{\text{máx}}$ tiene un valor de 380€, el $P_{\text{mín}}$ tiene un valor de 91€ y el P_{propio} es el precio de cada herramienta. Estos tres valores se introducen en la Ecuación 2 para calcular la CP de cada herramienta.

La CQ se calcula mediante la Ecuación 3:

$$CQ = \frac{\text{Suma de puntos}}{\text{Número de propiedades}} \quad (\text{Ec. 3})$$

Las tablas de las que se obtienen los datos necesarios para calcular la CQ se puede consultar en el Apéndice F.

Como ejemplo se muestra la Tabla 4-2, utilizada para calcular la CQ de los distanciómetros láser. En dicha tabla, la suma de puntos de cada herramienta será distinta dependiendo de las características de esta y, en esta tabla en concreto, este valor puede variar desde 3 (habiéndose sido valorado con 1 punto cada una de sus características) hasta 9 (habiéndose sido valorado con 3 puntos cada una de sus características). Además, se observa que el número de propiedades es tres:

Propiedad	Puntuación en calidad de cada propiedad		
	1	2	3
Precisión	> 66%	Entre 33% y 66%	< 33%
Alcance	< 33%	Entre 33% y 66%	> 66%
Peso	> 66%	Entre 33% y 66%	< 33%

Tabla 4-2. Datos para calcular CQ. Distanciómetros láser

4.1.2. Radar Chart

Como último paso, para poder decidir cuál es el mejor producto entre los que obtuvieron un mejor análisis de valor se va a usar la herramienta “Radar Chart”. Esta herramienta consiste en un gráfico tipo radial en el que se muestra de una manera visual la comparación de las distintas características de cada producto introducidas en la herramienta. Como valores máximos de estas características se ha usado el valor límite obtenido del anterior estudio de mercado.

Por otra parte, hay características, de algunos productos, que son desconocidas debido a que no ha sido posible encontrarlas en las especificaciones técnicas de los mismos. Para que el gráfico Radar Chart sea mejor interpretado, el valor que se le ha dado a estas características desconocidas ha sido el más desfavorable de los tres productos que se están comparando. Por ejemplo, si el valor desconocido es el precio, se le asigna el precio de la herramienta más cara de las que están siendo comparadas.

Para una rápida interpretación de los gráficos, los valores más favorables han sido colocados en los extremos del gráfico y los más desfavorables en el centro del gráfico de tal manera que los mejores productos son los que tienen un gráfico radial más amplio.

El programa usado para la realización de estos gráficos Radar Chart ha sido OriginLab Pro [8] y la explicación de cada una de las variables usadas en las siguientes tablas de este apartado se encuentra en el Apéndice G.

DETECTORES DE METALES

Al disponer de un único detector de metales ofertado por nuestros proveedores homologados no ha sido necesario el uso de ninguna herramienta de planificación de la calidad para su selección. De esta manera, el detector de metales seleccionado se muestra en la Tabla 4-3:

Nombre	Precio	Profundidad	Peso
<i>GMS 120 Professional</i>	130,00 €	120 mm	0,27 kg

Tabla 4-3. Detector de metales seleccionado en el estudio de mercado

DISTANCIÓMETROS LÁSER

Del anterior análisis de valor se ha concluido que los distanciómetros láser mostrados en la Tabla 4-4 sean los seleccionados:

Nombre	Precio	Precisión	Alcance	Peso
<i>GLM 30 Professional</i>	91,00 €	2,0 mm	30 m	0,09 kg
<i>GLM 150 Professional</i>	307,00 €	1,0 mm	150 m	0,07 kg
<i>GLM 40 Professional</i>	125,00 €	1,5 mm	40 m	0,09 kg

Tabla 4-4. Tres distanciómetros láser seleccionados en el análisis de valor

Tras comparar los productos a través de Radar Chart se obtiene el gráfico mostrado en la Figura 4-1:

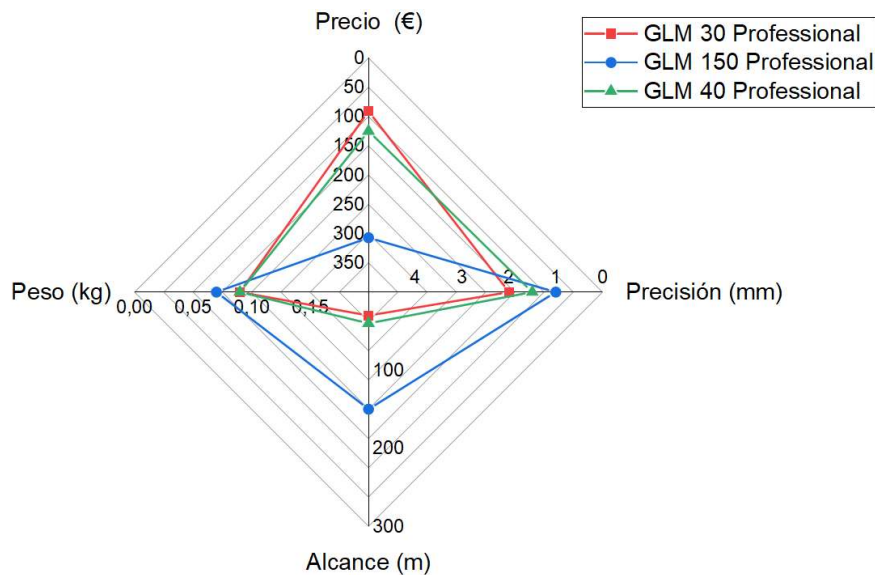


Figura 4-1. Gráfico Radar Chart de distanciómetros láser

En el gráfico de la Figura 4-1 se puede observar que el “GLM 150 *Professional*” es superior en tres de las cuatro características mostradas. La característica en la que tiene peor valor que los otros productos es el precio. Sabiendo esto se considera que el “GLM 150 *Professional*” es el más adecuado a pesar de su precio ya que es el que reúne unas mejores características técnicas que compensan su desventaja en el precio. El peso prácticamente es el mismo en los tres productos, sin embargo, en la precisión y el alcance hay una gran diferencia entre el “GLM 150 *Professional*” y los otros dos. Por lo que el distanciómetro láser seleccionado es el mostrado en la Tabla 4-5:

Nombre	Precio	Precisión	Alcance	Peso
GLM 150 <i>Professional</i>	307,00 €	1,0 mm	150 m	0,07 kg

Tabla 4-5. Distanciómetro láser seleccionado en el estudio de mercado

INCLINÓMETROS

Del anterior análisis de valor se ha concluido que los inclinómetros mostrados en la Tabla 4-6 son los seleccionados:

Nombre	Precio	Precisión	Tamaño	Peso
GAM 220 <i>Professional</i>	187,00 €	0,1°	52 cm	1,30 kg
GIM 120 <i>Professional</i>	187,00 €	0,2°	“Información no disponible”	1,30 kg
GIM 60 <i>Professional</i>	164,00 €	0,2°	60 cm	0,77 kg

Tabla 4-6. Tres inclinómetros seleccionados en el análisis de valor

Tras comparar los productos a través de Radar chart obtenemos el gráfico mostrado en la Figura 4-2:

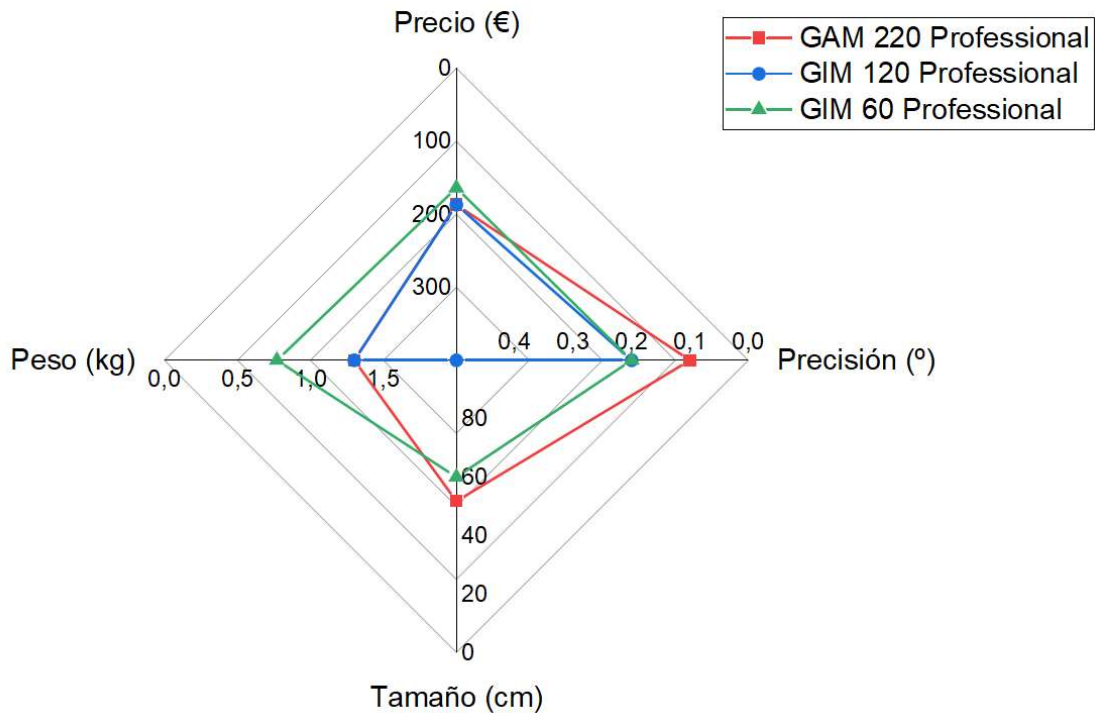


Figura 4-2. Gráfico Radar Chart de inclinómetros

En el gráfico de la Figura 4-2 se puede observar que los tres productos tienen un valor muy similar en el precio. En lo que respecta a tamaño y peso, el producto “GIM 60 Professional” es el más ligero pero el producto “GAM 220 Professional” es el que tiene una longitud más pequeña. Por otro lado, esta igualdad se rompe cuando miramos la precisión, la cual es la característica que más se pondera de las cuatro, debido a que, para realizar el reconocimiento técnico de un puente, hay que rellenar la ficha de puentes, explicada en el Apartado 3.1, con medidas lo más precisas posibles. Por tanto, en la variable precisión, el “GAM 220 Professional” tiene una clara ventaja respecto a los otros dos. Por lo que el inclinómetro seleccionado es el mostrado en la Tabla 4-7:

Nombre	Precio	Precisión	Tamaño	Peso
GAM 220 Professional	187,00 €	0,1°	52 cm	1,30 kg

Tabla 4-7. Inclinómetro seleccionado en el estudio de mercado

ODÓMETROS

Al disponer de sólo un odómetro ofertado por nuestros proveedores homologados no tiene sentido usar la herramienta Radar Chart para seleccionar uno. Por ello, el odómetro seleccionado es el mostrado en la Tabla 4-8:

Nombre	Precio	Distancia	Diámetro rueda
GWM 32	83,00 €	9999,9 m	318,5 mm

Tabla 4-8. Odómetro seleccionado en el estudio de mercado

CALIBRES DIGITALES

Del anterior análisis de valor se ha concluido que los calibres digitales mostrados en la Tabla 4-9 sean los seleccionados. De dos de ellos, se desconoce el nombre exacto del modelo debido a que esta información no está disponible. Para poder distinguirlos, se muestra entre paréntesis el nombre de la empresa suministradora. Aun así, toda la información disponible sobre estas dos herramientas se expone en el Apéndice G, donde, además, se encuentra un enlace directo a la página web en la que se encuentran ambos productos:

Nombre	Precio	Precisión	Capacidad
Calibre Digital (BT-Ingenieros)	14,50 €	1,0 mm	150 mm
Calibre Digital MANNESMANN M823-160	24,50 €	“Información no disponible”	150 mm
Calibre Digital (SoloStocks)	9,90 €	“Información no disponible”	150 mm

Tabla 4-9. Tres calibres digitales seleccionados en el análisis de valor

Tras comparar los productos a través de Radar Chart obtenemos el gráfico mostrado en la Figura 4-3:

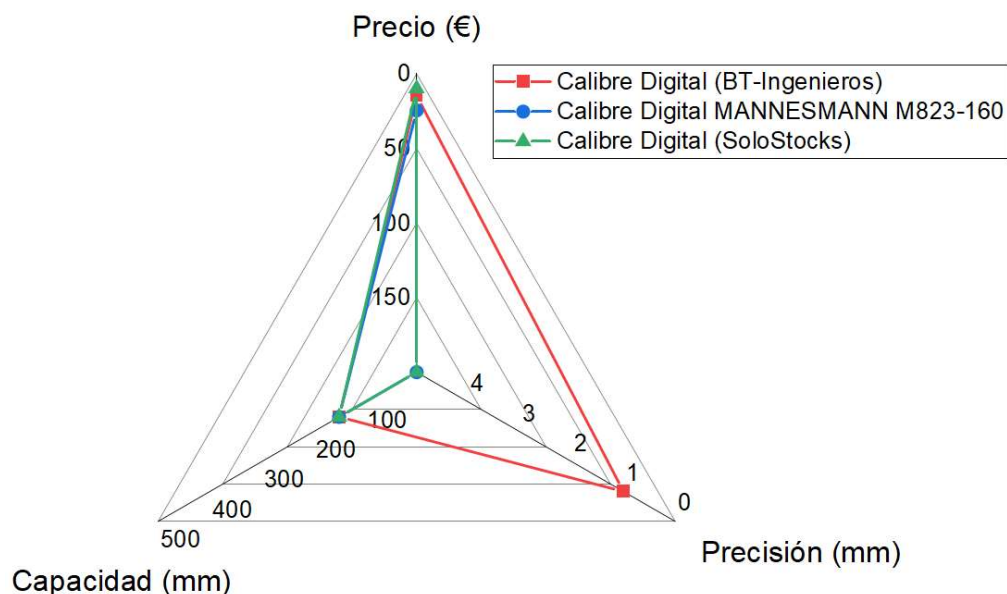


Figura 4-3. Gráfico Radar Chart de calibres digitales

En el gráfico de la Figura 4-3 se puede observar que los tres productos tienen una capacidad y un precio similar. Además, se observa, que este precio es muy bueno en comparación con el resto del mercado.

La gran diferencia en estos tres productos es la precisión, la cual solo es conocida en el “Calibre Digital (BT-Ingenieros)”. Debido a esto último y a la igualdad en las otras dos características, el calibre digital seleccionado es el mostrado en la Tabla 4-10:

Nombre	Precio	Precisión	Capacidad
Calibre Digital (BT-Ingenieros)	14,50 €	1,0 mm	150 mm

Tabla 4-10. Calibre digital seleccionado en el estudio de mercado

SONDAS NÁUTICAS

Del anterior análisis de valor se ha concluido que las sondas náuticas mostradas en la Tabla 4-11 sean las seleccionadas:

Nombre	Precio	Pantalla	Profundidad	Potencia eléctrica	Peso
Sonda GPS Plotter Lowrance HOOK2-5x SplitShot	272,00 €	5,0"	91 m	500 W	0,46 kg
Humminbird Piranha Max 4 Sonda	147,00 €	4,3"	183 m	300 W	“Información no disponible”
Sonda GPS Plotter Lowrance HOOK2-7x SplitShot	365,00 €	7,0"	“Información no disponible”	“Información no disponible”	0,70 kg

Tabla 4-11. Tres sondas náuticas seleccionadas en el análisis de valor

Tras comparar los productos a través de Radar chart obtenemos el gráfico mostrado en la Figura 4-4:

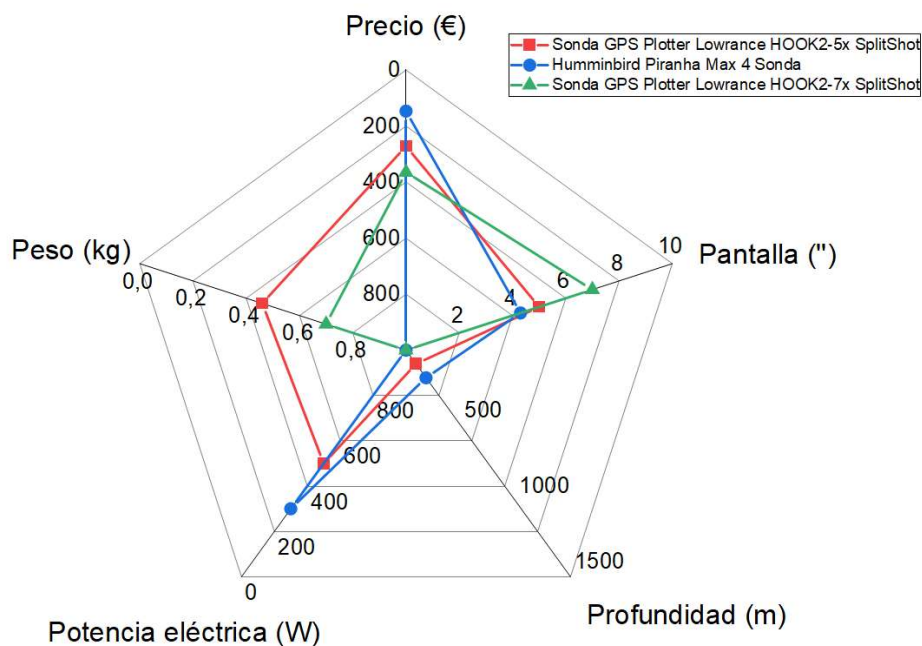


Figura 4-4. Gráfico Radar Chart de sondas náuticas

En el gráfico de la Figura 4-4 se aprecia la dificultad de interpretación de este, debido a que el gráfico tiene valores “cruzados” en la mayoría de las características. Para la correcta interpretación de este, no es posible utilizar exclusivamente el Figura 4-4, por lo que se utilizará la Tabla 4-12, donde, se realiza una transformación de escala en cada una de las características para que todas ellas estén escaladas de 0 a 10. Posteriormente, como se muestra en la Tabla 4-13, se les da una ponderación, sobre 1, según la importancia de cada una de ellas para la Unidad. Multiplicando esta ponderación, por cada uno de los valores de la Tabla 4-12, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 4-14:

Nombre	Precio	Pantalla	Profundidad	Potencia eléctrica	Peso
Sonda GPS Plotter Lowrance HOOK2-5x SplitShot	7,28	5,00	0,60	5,00	5,40
Humminbird Piranha Max 4 Sonda	8,53	4,30	1,22	3,00	0,00
Sonda GPS Plotter Lowrance HOOK2-7x SplitShot	6,35	7,00	0,00	0,00	3,00

Tabla 4-12. Características de las sondas náuticas escaladas del 0 al 10.

	Precio	Pantalla	Profundidad	Potencia eléctrica	Peso
Ponderación	0,4	0,2	0,3	0,05	0,05

Tabla 4-13. Ponderación de las características de las sondas náuticas

Nombre	Precio	Pantalla	Profundidad	Potencia eléctrica	Peso	Suma total
Sonda GPS Plotter Lowrance HOOK2-5x SplitShot	2,912	2,000	0,240	2,000	2,160	9,312
Humminbird Piranha Max 4 Sonda	3,412	1,720	0,488	1,200	0,000	6,820
Sonda GPS Plotter Lowrance HOOK2-7x SplitShot	2,540	2,800	0,000	0,000	1,200	6,540

Tabla 4-14. Valores ponderados de las características de las sondas náuticas

Como se observa en la Tabla 4-14, la “Sonda GPS Plotter Lowrance HOOK2-5x SplitShot” es la que ha obtenido mayor valor tras el cálculo anterior. En la Tabla 4-15, se muestran sus características:

Nombre	Precio	Pantalla	Profundidad	Potencia eléctrica	Peso
Sonda GPS Plotter Lowrance HOOK2-5x SplitShot	272,00 €	5,0"	91 m	500 W	0,46 kg

Tabla 4-15. Sonda náutica seleccionada en el estudio de mercado

APARATO DE MEDICIÓN A TRAVÉS DE FOTOGRAFÍA

Al disponer de un único aparato de medición de fotografía ofertado por el mercado no tiene sentido usar la herramienta Radar Chart para seleccionar uno. Por ello, el aparato de medición de fotografía seleccionado es el mostrado en la Tabla 4-16:

Nombre	Precio	Alcance	Precisión
Dispositivo de medición digital Smart Measure Pro Stanley	94,31 €	137 m	2,0 mm

Tabla 4-16. Aparato de medición a través de fotografía seleccionado en el estudio de mercado

4.2. Elección final

En este momento, en el cual se dispone de un único producto por gama. Se procede a realizar la última elección entre dos alternativas.

La primera de ellas, la recomendación de una adquisición en base a la mejora que supondría está en las capacidades de la SEREDEX para el reconocimiento técnico de un puente. La segunda, la recomendación de la no adquisición de una herramienta concreta pues esta no supondría una mejora notable con respecto al material que utilizan actualmente.

Para esta decisión final, se ha consultado al personal de la SEREDEX, más en concreto, al Teniente jefe de la Sección y al Sargento jefe del Pelotón de Reconocimiento. A dicho personal, se les han expuesto las nuevas herramientas a adquirir, junto con sus características y las mejoras en las capacidades que les otorgarían si finalmente se efectuara dicha adquisición.

DETECTOR DE METALES

Se considera necesaria la adquisición del detector de metales debido a que ahora mismo, la SEREDEX tiene una carencia a la hora de conocer el material del que se componen, tanto el propio puente, como los apoyos de este. Actualmente no disponen de ninguna herramienta que les facilite esta labor y se basan exclusivamente en un reconocimiento visual. En algunos casos, es suficiente con este reconocimiento visual, pero, por ejemplo, cuando tienen que ser capaces de diferenciar entre hormigón en masa y hormigón armado (lo cual se les exige en la ficha de puentes que tienen que rellenar) no son capaces. Por este motivo, añadido a su bajo coste, se considera que el detector de metales sería una adquisición que supondría una gran mejora de las capacidades de la Unidad a la hora de realizar el reconocimiento técnico de un puente; por ello, se recomienda la adquisición del detector de metales.

DISTANCIÓMETRO LÁSER

La adquisición del distanciómetro láser mejoraría la capacidad para realizar la medición de la altura libre del puente y la limitación en altura de este (datos que se encuentran explicados en el Apéndice A), para lo cual actualmente se está usando el telémetro.

Por otra parte, la adquisición del distanciómetro láser serviría para que fuera más fácil medir la limitación en anchura, dato que actualmente se obtiene con la utilización de la cinta métrica. El problema es, como se ha visto en el Apartado 3.2, que la cinta métrica de la que dispone la SEREDEX tiene una longitud máxima de 3 metros, que, en la mayoría de las ocasiones, no es suficiente para poder realizar esta medición.

El problema expuesto en el párrafo anterior se solventa haciendo uso de la cinta métrica de otras Secciones del Batallón de Zapadores X como también se explica en el Apartado 3.2, por lo que tampoco sería expresamente necesario el distanciómetro para la obtención de la limitación en anchura.

Por todo lo anterior, se considera que el distanciómetro láser, si bien, aumentaría las capacidades de la Unidad en el reconocimiento técnico de un puente, esta mejora no sería muy elevada; por ello, no se recomienda la adquisición de dicho producto.

INCLINÓMETRO

La adquisición del inclinómetro no le proporciona a la SEREDEX ninguna mejora de las capacidades a la hora de obtener los datos de la ficha de puentes, sin embargo, sí que se consideró interesante el estudio de su adquisición para la obtención de datos adicionales a la ficha de puentes, como, por ejemplo, el grado de inclinación transversal de la calzada que atraviesa el puente. A pesar de que este tipo de datos no es un requisito necesario, se obtendría un informe más completo.

Una vez analizadas todas las variantes y teniendo en cuenta que su precio, en relación con la obtención de datos adicionales, que es para lo que lo utilizaría la Unidad, es elevado, no se recomienda su adquisición.

ODÓMETRO

La adquisición del odómetro serviría para mejorar las capacidades de la Unidad en la obtención de los datos de anchura total y anchura de plataforma (datos que se encuentran explicados en el Apéndice A), que actualmente se miden con cinta métrica, así como la longitud del puente, que actualmente se obtiene con telémetro.

Como se trató con anterioridad al hablar de la adquisición del distanciómetro láser, la cinta métrica es muy limitada, pero ese problema se suple con mucha facilidad. Esto hace, que el odómetro no sea necesario como sustitutivo de la cinta métrica para la obtención de esos datos.

Además, la longitud del puente se obtiene actualmente con el telémetro, para lo cual tienen que hacer la medición estando fuera de la estructura del propio puente. Con el odómetro, lo único que se mejoraría, es que la medición de la longitud la podrían realizar desde el propio puente.

Por todo lo anterior, se considera insuficiente la mejora en las capacidades de la SEREDEX a la hora de realizar el reconocimiento técnico de un puente; por ello, no se recomienda la adquisición de este.

CALIBRE DIGITAL

La adquisición del calibre digital no mejora ninguna capacidad necesaria para rellenar la ficha de puentes. Se propuso el estudio de su adquisición con motivo de obtener datos adicionales en los reconocimientos, tales como medidas de piezas pequeñas, como, por ejemplo, tornillería.

Como se ha visto en el Apartado 3.2, la Unidad dispone de un calibre con características muy similares al calibre digital que se está estudiando adquirir. La principal diferencia, es que el calibre actual no es digital. Sustituir el calibre del que ellos disponen actualmente, por uno, con las mismas características, pero digital, no se considera una mejora notable en sus capacidades; por ello, no se recomienda la adquisición del calibre digital.

SONDA NÁUTICA

Uno de los procesos que más tiempo conlleva en el reconocimiento técnico de un puente es estudiar la posibilidad de cruzar realizando un vadeo en los alrededores del puente. Actualmente para la obtención de este dato, se usa una sonda náutica manual con la que se hace muy lento el ir tomando mediciones a lo largo del cauce punto a punto.

Con la adquisición de esta nueva sonda, se consigue reducir el tiempo de medición al tiempo mínimo que se demore una embarcación en cruzar el cauce. Además, se puede ir viendo constantemente en la pantalla de la sonda el perfil del fondo del río y posteriormente, descargar los datos en un ordenador para la realización de un informe si fuera necesario.

Este es uno de los productos que más ha llamado la atención a la SEREDEX, debido a su gran mejora en la capacidad para estudiar el perfil batimétrico de un río. En consecuencia, paralelamente a la realización de este trabajo, se ha procedido a la realización de un soporte para poner en la popa de las embarcaciones de la SEREDEX en el cual se pueda situar dicha sonda, y así el jefe de la embarcación puede ir viendo constantemente el fondo del río, como se muestra en la Figura 4-5:



Figura 4-5. Soporte y sonda náutica instalados en embarcación

Por el enorme beneficio que le supone a la Unidad, y por supuesto, porque ya prácticamente, a falta de unos detalles, han conseguido acabar los soportes en las embarcaciones, se recomienda la adquisición de la nueva sonda náutica.

APARATO DE MEDICIÓN A TRAVÉS DE FOTOGRAFÍA

Con esta herramienta, la cual se explica en el Apéndice E, se pueden sacar gran parte de las medidas necesarias para rellenar la ficha de puentes tomando una sola foto con un teléfono móvil. Todo ello, sin perder precisión y con un precio razonable comparado con las capacidades que ofrece.

En definitiva, este producto simplificaría en gran medida el reconocimiento técnico de un puente y supondría un ahorro de tiempo en la realización del mismo; por ello, se recomienda encarecidamente la adquisición del aparato de medición a través de fotografía.

4.3. Análisis de costes

En este apartado se va a analizar el presupuesto que sería necesario para poder llevar a cabo la adquisición de todos los materiales que han sido recomendados al finalizar el estudio de mercado.

El Batallón de Zapadores X, únicamente dispone de una SEREDEX, por lo que la cantidad de cada herramienta propuestas en la Tabla 4-17 es únicamente de una unidad de cada tipo:

Herramienta	Modelo	Cantidad	Precio/unidad	Precio Total
Detector de metales	GMS 120 <i>Professional</i>	1	130,00€	130,00€
Sonda náutica	Sonda GPS Plotter Lowrance HOOK2-5x SplitShot	1	272,00€	272,00€
Aparato de medición a través de fotografía	Smart Measure Pro Stanley	1	94,31€	94,31€

TOTAL	496,31€
--------------	----------------

Tabla 4-17. Costes

Como se aprecia, se pueden aumentar las capacidades de la Unidad en este aspecto con una inversión muy pequeña, de 496,31€. Esta inversión mejorará sustancialmente la capacidad de la Unidad en el reconocimiento técnico de puentes.

Capítulo 5. Conclusiones y líneas futuras

5.1. Conclusiones

El objetivo principal de este proyecto, que es localizar las necesidades de material y proponer soluciones de nuevas herramientas para el reconocimiento técnico de puentes del Batallón de Zapadores perteneciente a la Brigada X (Guzmán el Bueno), ha sido cubierto de manera satisfactoria.

De las siete herramientas propuestas para actualizar el material de la SEREDEX, se concluye que el distanciómetro láser, el inclinómetro, el odómetro y el calibre digital no suponen una mejora en las capacidades que, actualmente, tiene la SEREDEX. Es por ello por lo que se ha decidido no recomendar la adquisición de estas herramientas.

Sin embargo, el detector de metales, la sonda náutica y el aparato de medición a través de fotografía, suponen una mejora notable en las capacidades para la ejecución del reconocimiento técnico de puentes, reduciendo en gran medida el tiempo para desempeñar dicho cometido con respecto al que dedican actualmente.

La inversión económica que supondría la adquisición de este material es mínima para un Batallón de Zapadores, con un coste total de 496,31€.

5.2. Líneas futuras

Como líneas de trabajo a realizar en un futuro, para continuar mejorando las capacidades del Batallón de Zapadores X en el reconocimiento técnico de un puente, se plantean las siguientes:

- Con respecto a los proveedores homologados, la totalidad de los equipos y herramientas mostrados en el TFG, provienen de dos empresas que se encuentran en la lista de proveedores homologados de la Unidad. Sería interesante poder ampliar el estudio de mercado a proveedores no homologados y analizar la posible mejora en cuanto a la calidad y precio de las herramientas para el reconocimiento técnico de puentes.
- Como se expone en el Apartado 3.2, se debería realizar un estudio y una propuesta sobre una posible modificación de la normativa de la Unidad, que hace alusión a la utilización del equipo de escalada. Esto facilitaría el proceso de obtención de los datos técnicos sobre determinados tipos de puentes, donde es necesario realizar procedimientos de descuelgue de personal, lo cual, actualmente, tienen completamente prohibido.

Referencias

- [1] MANDO DE ADIESTRAMIENTO Y DOCTRINA, *Manual técnico. Puentes*. 2000.
- [2] HEADQUARTERS DEPARTMENT OF THE ARMY and UNITED STATES MARINE CORPS, *Field Manual. Engineer Reconnaissance (FM 3-34.170/MCWP 3-17.4)*, vol. 4, no. March. 2008.
- [3] THE NATO STANDARDIZATION OFFICE and (NSO), *STANAG 2021. MILITARY LOAD CLASSIFICATION OF BRIDGES, FERRIES, RAFTS AND VEHICLES*, 8ª (2017). 2012.
- [4] MANDO DE ADIESTRAMIENTO Y DOCTRINA, *Publicación doctrinal. Inteligencia y Reconocimiento de Ingenieros (PD4-410)*. 2012.
- [5] Estado Mayor del Ejército, “Instrucción Técnica 20/2011, Plan de Prevención de Riesgos Laborales del Ejército de Tierra.” 2011.
- [6] M. Tcol. D. García López, *Programas de Clasificación de Puentes*. Departamento de castrametación y vías de comunicación, 2001.
- [7] Departamento de Calidad (Centro Universitario de la Defensa), “Tema 1. Definición y alcance de la calidad,” Zaragoza, 2017.
- [8] OriginLab Corporation, “Origin: Data Analysis and Graphing Software.” [Online]. Available: <https://www.originlab.com>. [Accessed: 02-Oct-2019].

APÉNDICES

Apéndice A. Clave para cubrir una ficha de puente

- **Carretera:** Denominación según el *Catálogo de Carreteras de la red del Estado*.
 - *Ejemplo:* (EO5)-(A-2)-(N-3)-(N-324). No emplear números romanos.
- **Sentido circulación:** Doble o único.
 - En sentido único, añadir el destino final por la que se circula.
 - *Ejemplo:* (N-IV)-CÁDIZ-
 - Nos encontramos en la plataforma destino Cádiz.
- **Anchura plataforma:** Longitud medida en sentido transversal de la zona destinada a la circulación de vehículos; comprende calzada más arcén.
- **Anchuras aceras:** Suma de las longitudes medidas en sentido transversal o separadas destinadas a peatones.
- **Ancho total:** Longitud transversal de la estructura resistente; incluye calzada, arcenes, aceras, quitamiedos.
- **Altura libre:** Longitud vertical desde la calzada a un obstáculo; sobre la plataforma que limita el paso.
 - Caso de no existir obstáculo se pone INDEFINIDA.
- **Altura del trabajo:** Distancia desde la superficie de la plataforma al nivel del agua o superficie que atraviesa.
- **Carretera:** Denominación de la carretera.
- **Vadeo:** Expresar la posibilidad. Si es posible, se indica la distancia en metros a la obra y si ésta es aguas arriba o abajo (AR/AB) y la dificultad.
 - *Ejemplo:* 100AR (Posible 100 m aguas arriba)
- **Puente reglamentario:** Expresar la posibilidad (SÍ o NO) de tender un puente reglamentario. En caso afirmativo emplear la siguiente clave:
 - Puente Bailey: B
 - Puente flotante Man: F
 - Puente Leguan: L
 - Puente Dornier: D
 - Otro tipo de puente: O (especificándolo)
- **Tipo de fuente:** Arco, vigas, losa, colgante, atirantado, basculante, levadizo, flotante, giratorio.
- **Tipo de estructura:** Arco (medio punto, rebajado, tímpano continuo, tímpano aligerado), vigas (T, I, PI, cajón, celosía), losa (maciza, aligerada), basculante (uno o dos tramos, sobre muñones o apoyo rodante), giratorio (contrapesado o sobre muñones).
- **Material:** Metálico, hormigón armado, hormigón en masa, mampostería, madera, otro.

- **Luz vano:** Distancia entre cars interiores de los apoyos del vano. En caso de ser vanos de diferente luz, se anotará la del vano mayor.
- **Número de vanos:** Número que expresa el de los vanos existentes.
- **Longitud:** Se expresa la longitud total del puente. Distancia entre caras interiores de los estribos.
- **Atributos especiales:** En hoja aparte se indican los atributos que facilitan o son precisos conocer según el tipo de puente para poder calcular su clase militar.
- **Ancho de estribo:** Distancia entre caras externas de un estribo.
- **Forma y dimensión:** Expresar la forma y dimensiones que definan la sección transversal para poder estudiar su destrucción.
- **Sección pilar:** Expresar la forma de su sección transversal y dimensiones para poder estudiar su destrucción.
- **Material:** Hormigón en masa, hormigón armado, mampostería, metálico, otro.
- **Clase:** Se expresa el número que se ha obtenido por el cálculo para cada tipo de vehículo y circulación, sin tener en cuenta las limitaciones por anchura y altura. En puentes tipo arco (mampostería o ladrillo) deben efectuarse las comprobaciones del punto 8 del STANAG 2021 [3].
- **Limitaciones:** Se expresa el número de la distancia vertical u horizontal que limita el paso de vehículos, y en el apartado “otros” se escribe cualquier otra que se pueda dar como mal estado del firme, obstáculo, etc.

VÍA DE CIRCULACIÓN

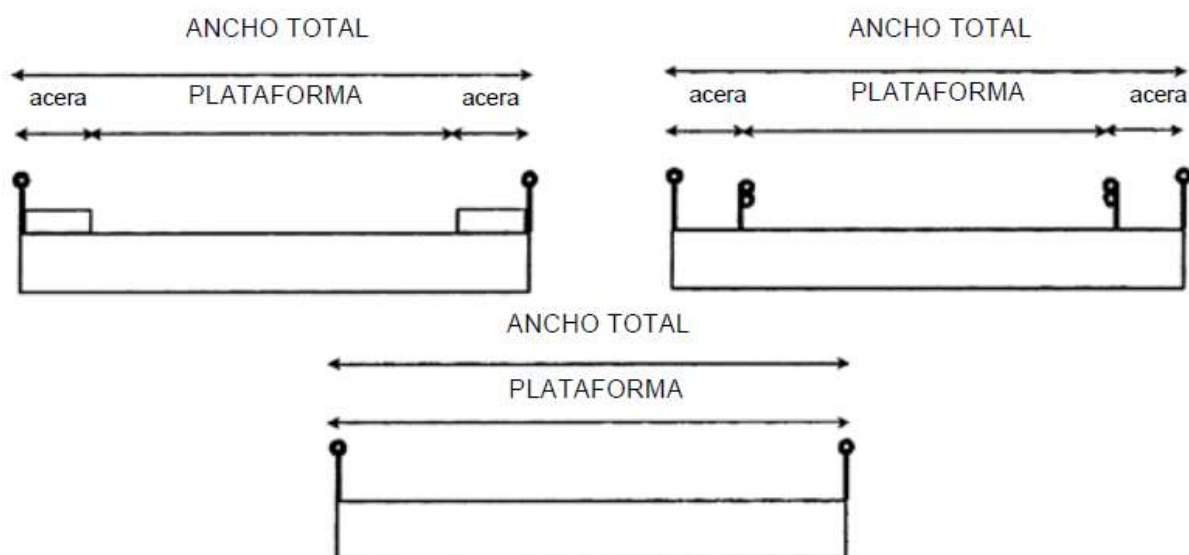


Figura A-1. Detalles vía circulación

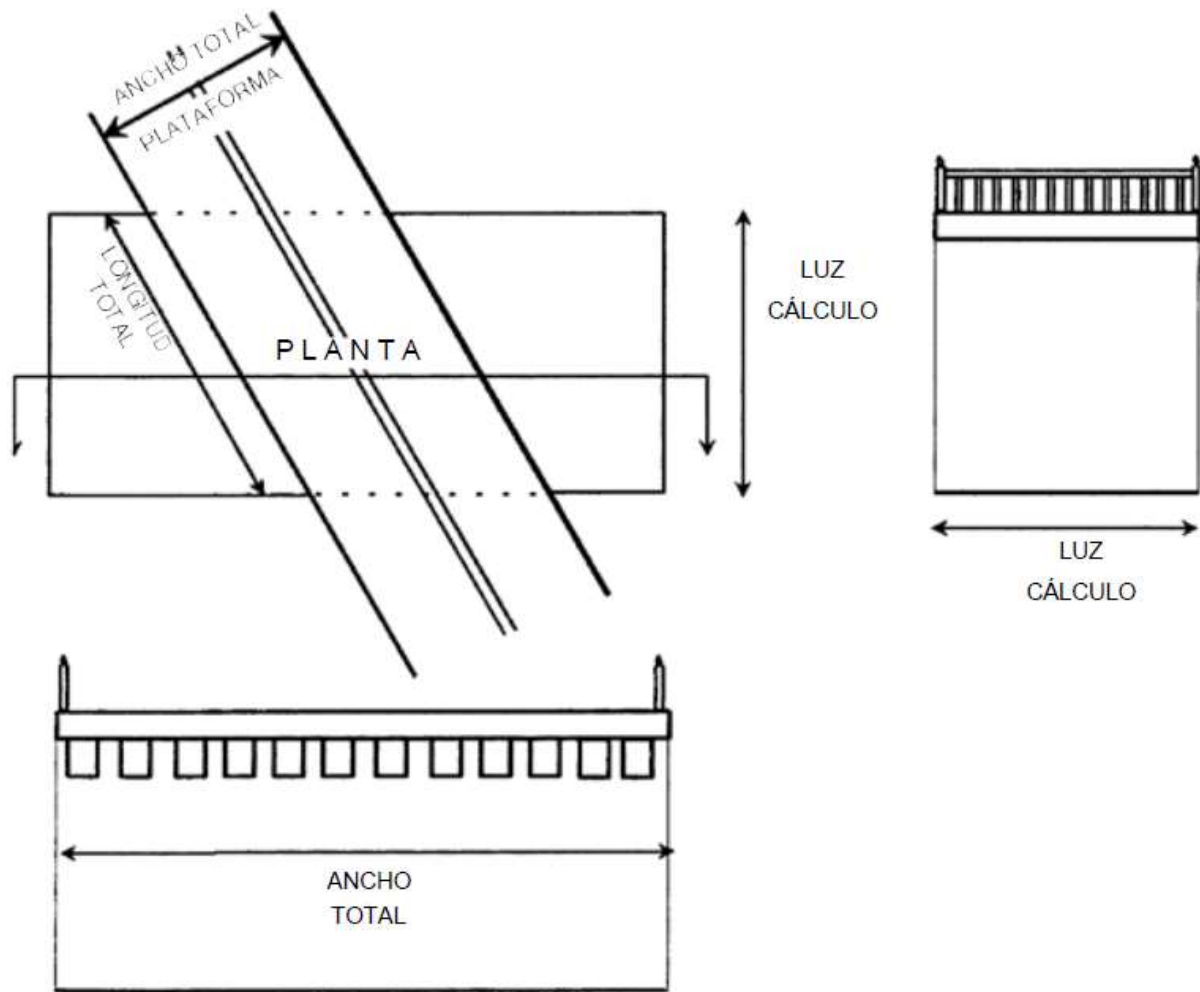


Figura A-2. Detalles vía circulación

TIPOS DE PUENTES

PUENTES DE ARCO

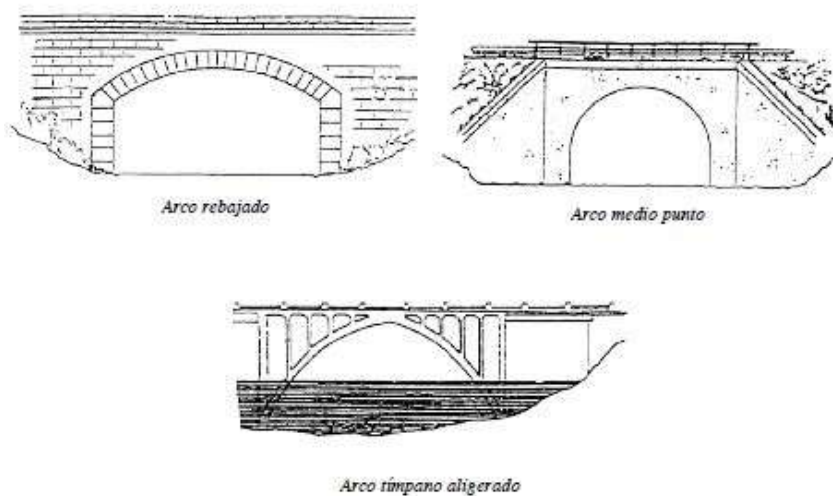


Figura A-3. Detalles puentes de arco

Puentes de vigas

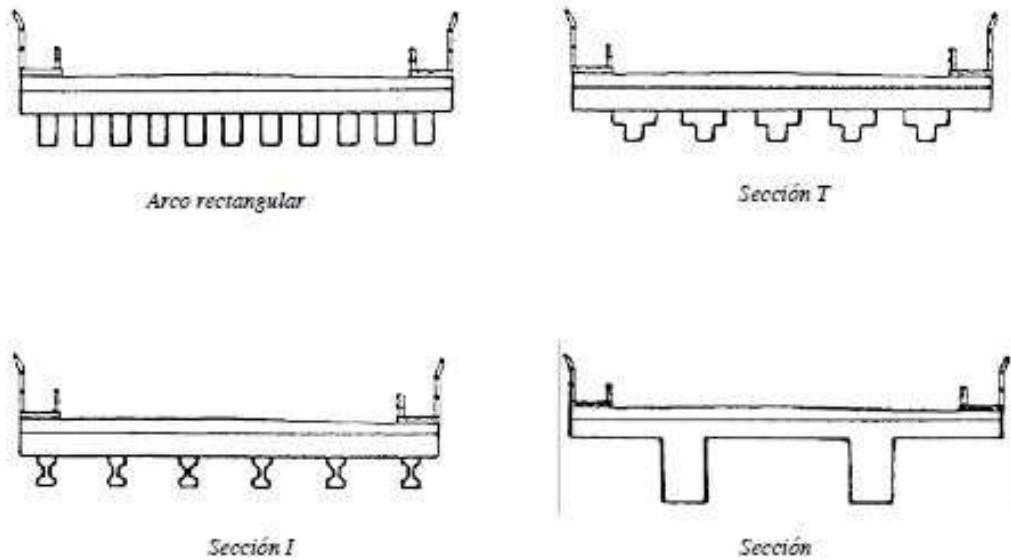


Figura A-4. Detalles puentes de vigas (1)

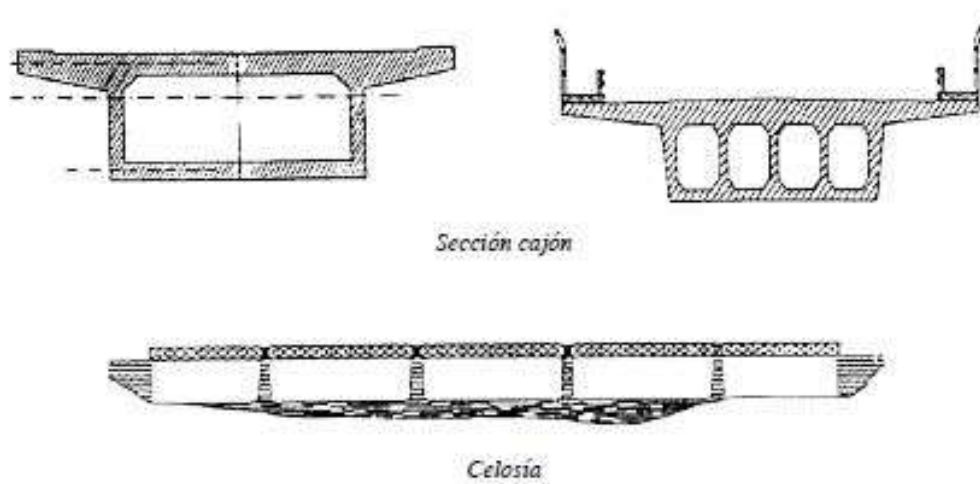


Figura A-5. Detalles puentes de vigas (2)

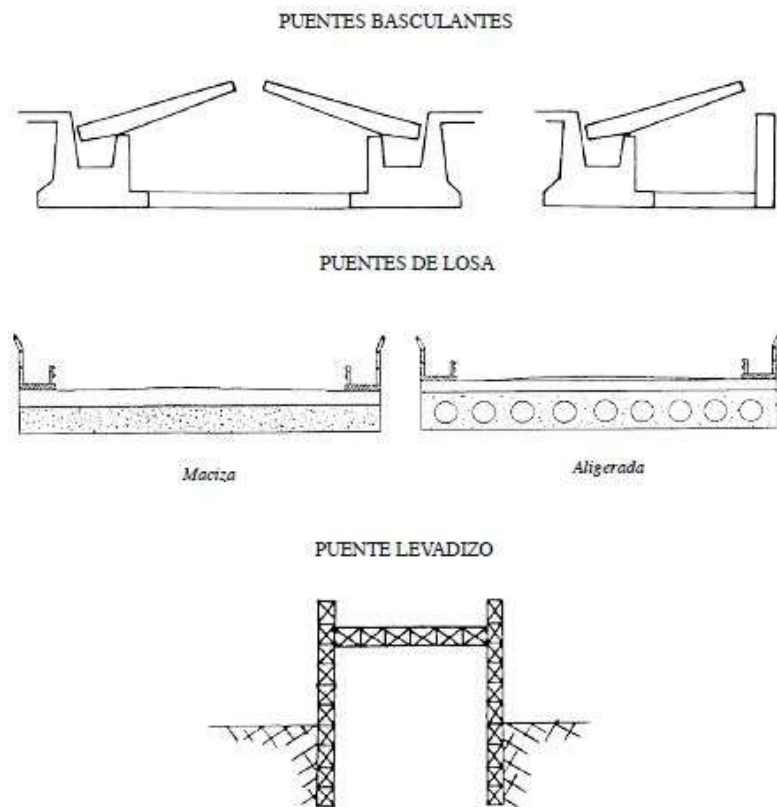


Figura A-6. Detalles puentes basculantes, de losa y levadizo

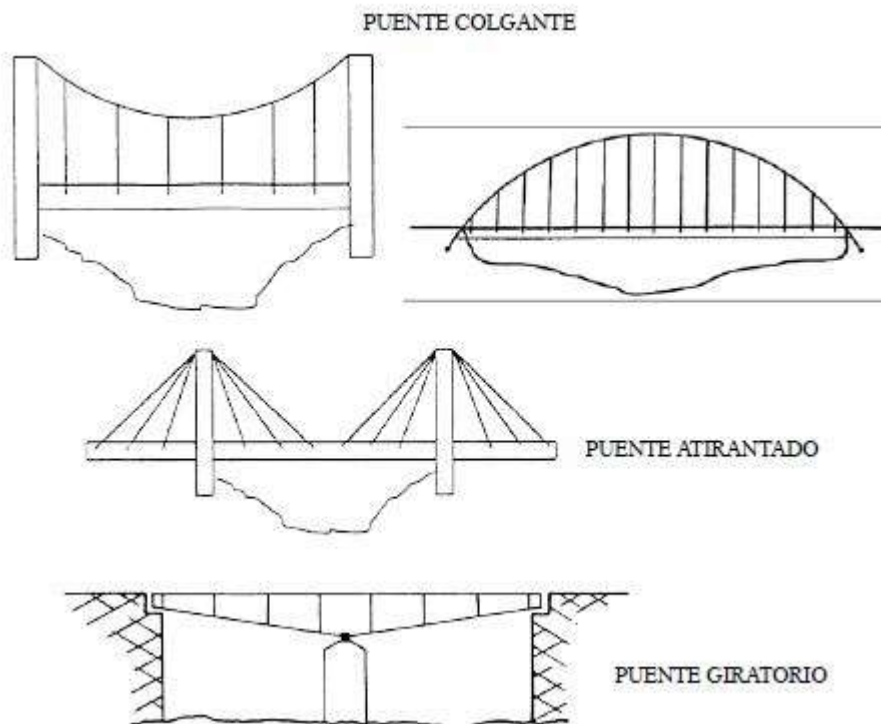


Figura A-7. Detalles puente colgante, atirantado y giratorio

APOYOS

ESTRIBOS

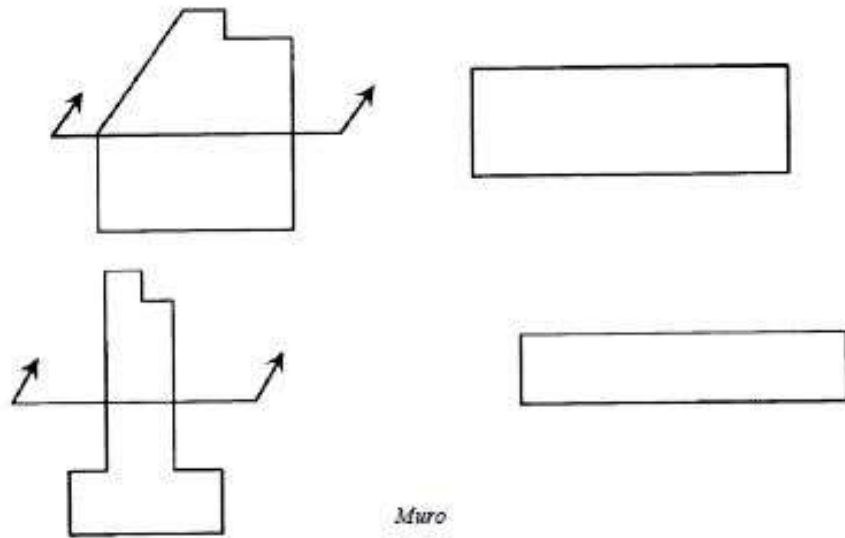


Figura A-8. Detalles estribos

PILAS

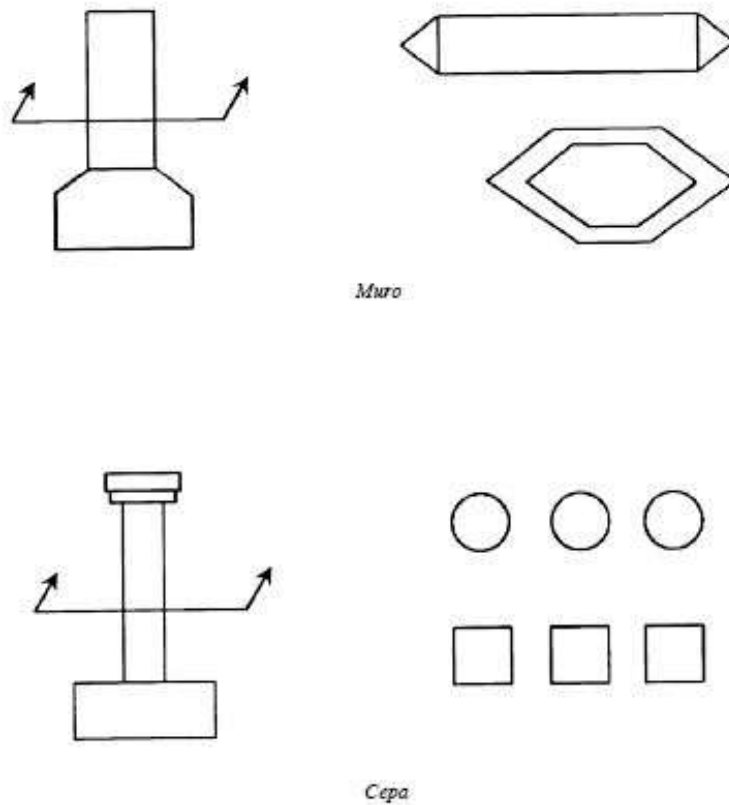


Figura A-9. Detalles pilas

ATRIBUTOS ESPECÍFICOS

En cada tipo de puente se miden o buscan los atributos cuyo conocimiento posibilita o facilita el cálculo de la clase del puente.

PUENTE DE ARCO:

- **Espesor total en clave:** Medida vertical desde la superficie de la plataforma al intradós de la clave. En la figura, $c + d$.
- **Flecha:** Distancia vertical desde el origen del arco al intradós. En la figura, b .
- **Factor de juntas:** Según tablas 5.2, MT6-405 [1].
- **Factor tamaño estribos:** Según tablas 5.2, MT6-405 [1].
- **Factor deformaciones:** Según tablas 5.2, MT6-405 [1].
- **Factor fallo estribo:** Según tablas 5.2, MT6-405 [1].
- **Factor grietas:** Según tablas 5.2, MT6-405 [1].

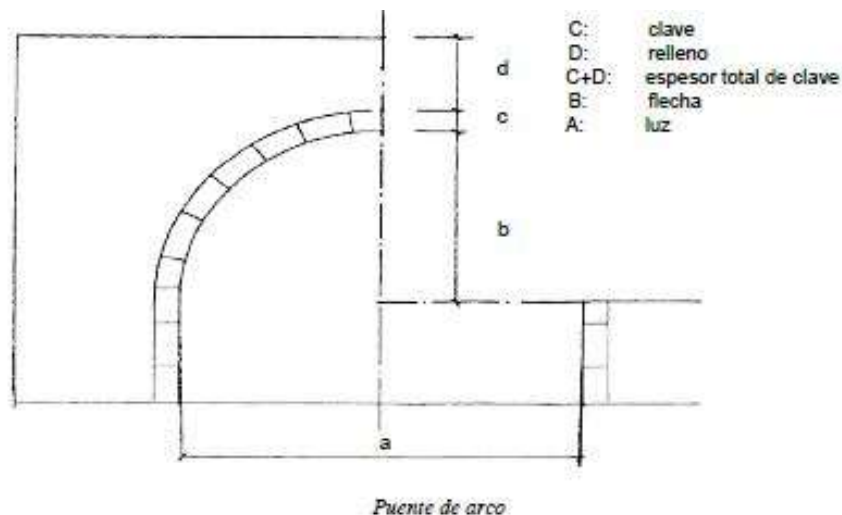


Figura A-10. Atributos específicos puente de arco

PUENTE DE VIGAS:

- **Momento máx. cálculo viga:** Si se tiene acceso al proyecto valor del Momento máx., para el que se calculan las vigas.
- **Esfuerzo cortante:** Si se tiene acceso al proyecto valor del Esfuerzo cortante máx., para el que se calculan las vigas.
- **Tren de cargas:** Tren de cargas español en vigor en la época de construcción y para el que ha sido calculado el puente.
- **Número de vigas:** Número de vigas que sustentan el tablero.
- **Distancia entre ejes:** Distancia horizontal desde el eje de dos vigas consecutivas. En la figura, c .
- **Distancia borde del eje de la 1 viga:** Distancia horizontal desde el eje de la viga externa al borde de la estructura de reparto.

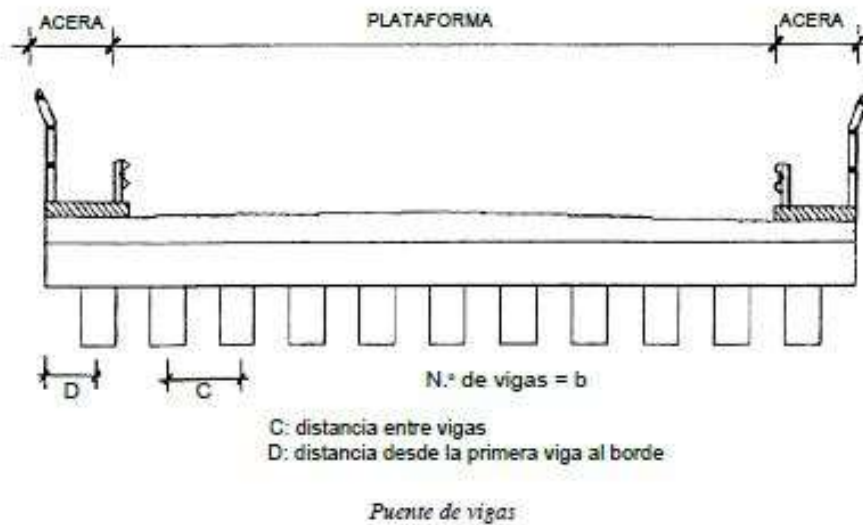


Figura A-11. Atributos específicos puente de vigas

PUENTE DE VIGA EN PI:

- **Esfuerzo cortante máx.:** Si se tiene acceso al proyecto valor del esfuerzo cortante máx., para el que se calculan las vigas.
- **Tren de carga:** Tren de cargas español, en vigor en la época de construcción y para el que ha sido calculado el puente.
- **Distancia entre ejes de las vigas:** Distancia horizontal desde el eje de dos vigas consecutivas. En la figura, c.
- **Espesor de la losa:** Espesor con el borde de la losa.
- **Altura canto viga:** Altura de la viga desde su superficie inferior hasta la base de la losa. Letra "C".
- **Ancho viga:** Espesor de la viga. Letra "D".

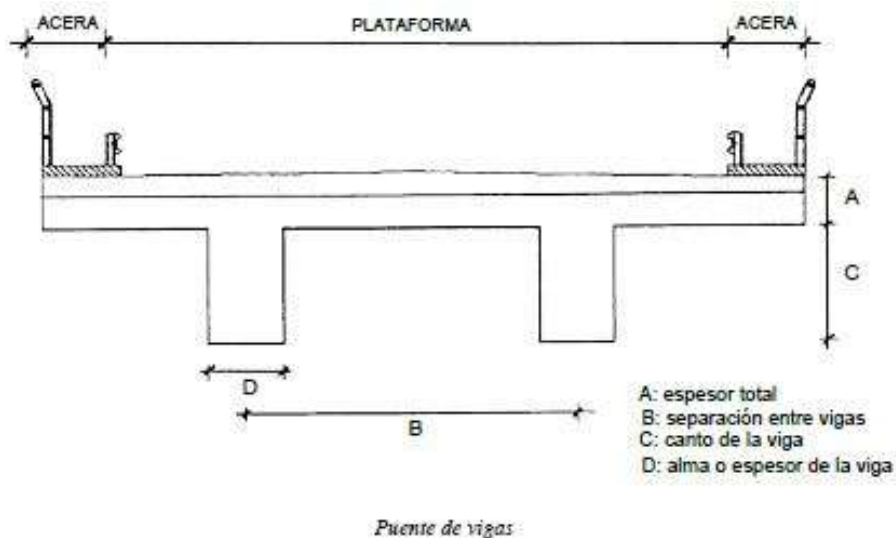


Figura A-12. Atributos específicos puente de viga en PI (π)

PUENTE LOSA:

- **Momento máx. m/ancho/losa:** Igual que puente de viga.
- **Tipo tren de cargas:** Igual que puente de viga.
- **Espesor losa:** Espesor de la losa o elemento resistente (letra “B”).
- **Ancho apoyo:** Longitud común de la intersección de la losa y el apoyo (estribo o pila).
- **Coefficiente de empotramiento:** Normalmente uno.
- **Espesor del relleno:** Espesor del pavimento. Distancia entre la superficie superior de la losa y superior de la calzada.

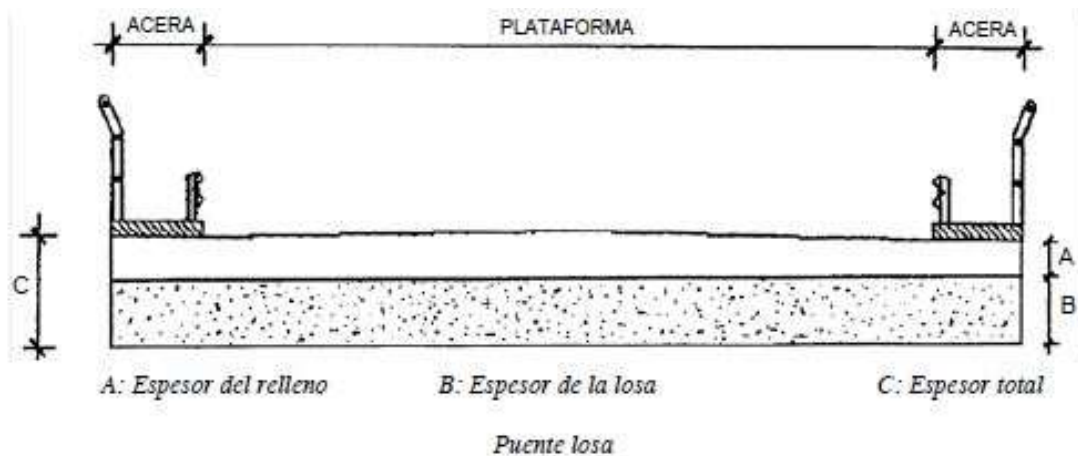


Figura A-13. Atributos específicos puente losa

PUENTE DE VIGA CAJÓN:

- **Espesor del borde:** Altura de la viga en el extremo.
- **Espesor en el centro:** Altura de la losa superior en el centro de la viga.
- **Altura interior del cajón:** Altura en el centro de las vigas del rectángulo hueco de la sección transversal.
- **Espesor en la pared del cajón:** Altura de la losa inferior de la viga en su centro.
- **Espesor en la pared del cajón:** Ancho de las paredes laterales de la viga.
- **Espesor del relleno:** Igual que la losa.

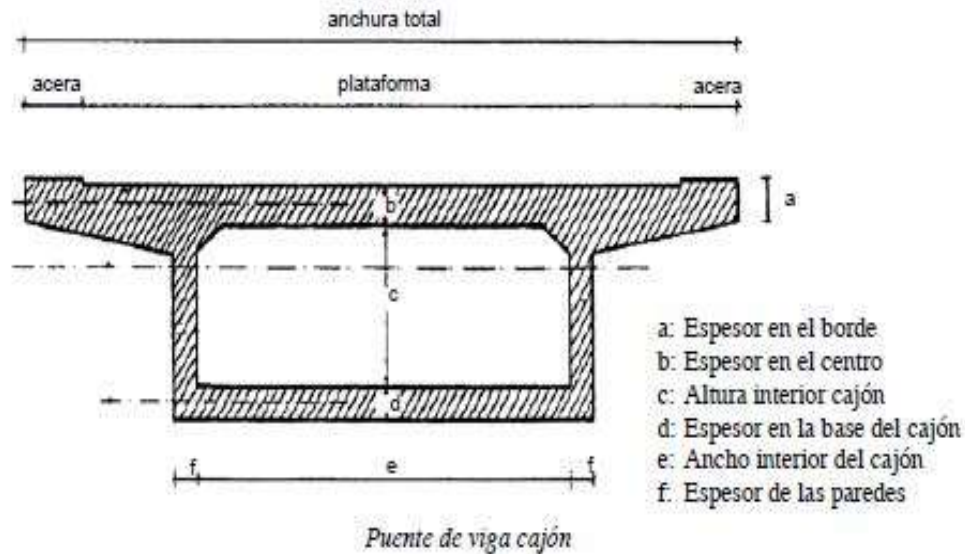


Figura A-14. Atributos específicos puente de viga cajón

PUENTE DE ARCO GRAN LUZ:

— **Tipo de arco:**

- Tímpano aligerado.
- Tímpano macizo.

— **Tipo tren de carga:** Igual vigas.

— **Espesor clave:** Igual puente arco.

— **N.º de apoyos transversales:** Número de arcos o pilas que transversalmente se apoyan en el arco estructural.

— **Distancia entre ejes apoyo:** Distancia entre los ejes de los apoyos transversales (letra "A").

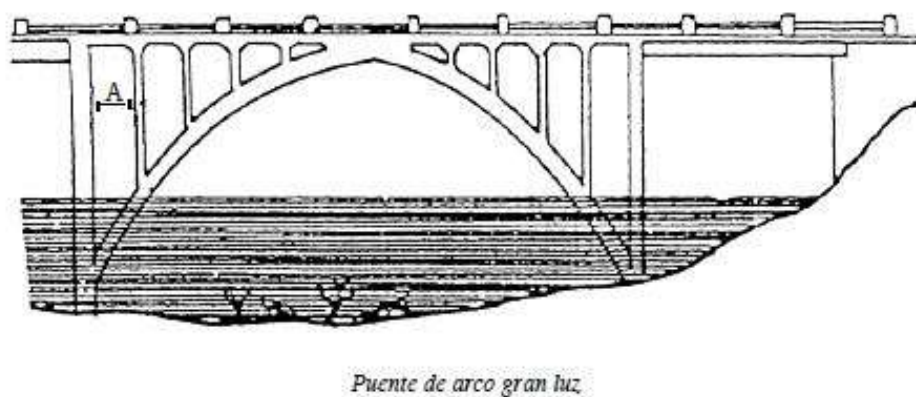


Figura A-15. Atributos específicos puente de arco gran luz

Apéndice B. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada

FICHA DE RECONOCIMIENTO DE UN PUENTE

UNIDAD: SEREDEX(BZ X)		JEFE DEL RECONOCIMIENTO: SGTO PALMA	
OBJETO DEL RECONOCIMIENTO:		FECHA:	14/02/2017
TRAFICABILIDAD		NÚMERO:	
ZONA, EJE		CARTOGRAFÍA	
VILLAVICIOSA - LAS JARAS, CORDOBA		MTN 1:25000: -VILLARUBIA 922 (2)	
PUNTO, OBJETIVO, OBRA		COORDENADAS	
PUENTE		Punto inicial:	30S 0327533 4202195 (ETRS 90)
		Punto final:	30S 0327450 4203226 (ETRS 90)
ACTUALIZA/MODIFICA RECONOCIMIENTO N.º	-----	FECHA	-----

Tabla B-1. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Datos generales (1)

PLANO DE SITUACIÓN

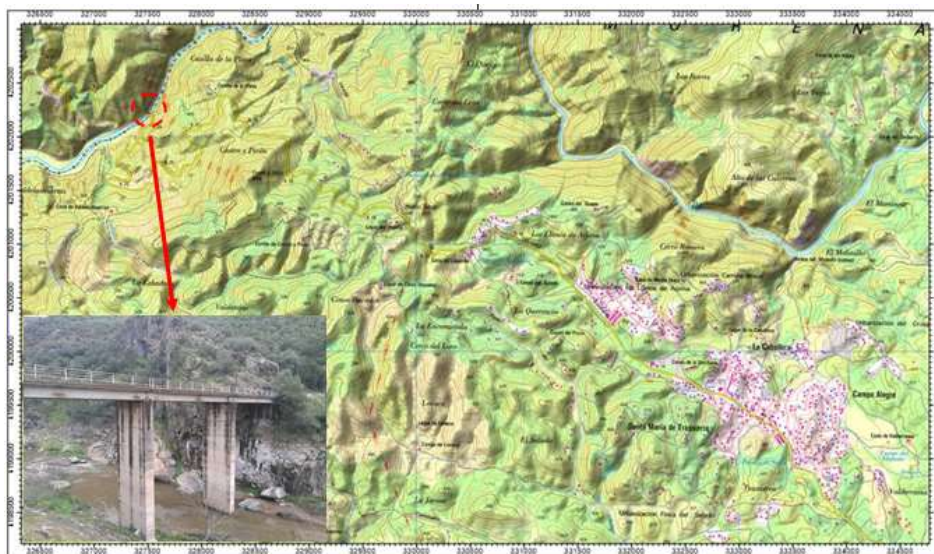


Figura B-16. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Plano de situación

CARRETERA	PTO. KILOMETRICO	SENTIDO CIRCULACION
CO- 3402	24	DOBLE

Tabla B-2. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Datos generales (2)

VIA CIRCULACION		VIA ALTERNATIVA		
ANCHURA TOTAL	6.70m.	CARRETERA	CO-110/A-433 Y A-431/A-3075	
ANCHURA CALZADA	5.10m.	VADEO	AR	NO
ANCHURA ACERA	0.95m		AB	NO
ALTURA LIBRE	∞	PUENTE REGLAMENTARIO		
ALTURA TABLERO	17.55m.	SI	NO	MODELO
ALTURA CAPA RODADURA	18m.		X	

Tabla B-3. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Datos vías

CARACTERÍSTICAS PUENTE

TIPO DE PUENTE	TIPO ESTRUCTURA	MATERIAL
TRAMO RECTO DE HORMIGÓN	HIPERESTÁTICA	HORMIGÓN
LUZ VANOS	NUM VANOS	LONGITUD
15.3m	3	50.10 m

Tabla B-4. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Características puente

ATRIBUTOS ESPECÍFICOS

PUENTE TRAMO RECTO DE HORMIGÓN

MOMENTO MÁXIMO	204.26	ANCHO DE APOYO	1.2m
TIPO TREN DE CARGAS	TEC 71	COEFICIENTE DE EMPOTRAMIENTO	1
ESPESOR DE LA LOSA	0.95m	ESPESOR DE RELLENO	0.45m

Tabla B-5. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Puente tramo recto de hormigón

APOYOS

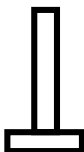

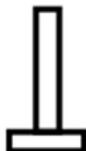

ESTRIBOS		PILARES	
ANCHO ESTRIBO (m)	MATERIAL	SECCION PILAR	MATERIAL
10,5m.	HORMIGÓN	 	HORMIGÓN
6,35m.	HORMIGÓN	 	HORMIGÓN
FORMA Y DIMENSIONES	ANEXO B	FORMA Y DIMENSIONES	ANEXO B

Tabla B-6. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Apoyos

ELEMENTOS DE SEGURIDAD

BARANDILLA	ALTURA	0.9m
	MATERIAL	METAL
ILUMINACION	TIPO	-----
	N.º ELEMENTOS	-----

Tabla B-7. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Elementos de seguridad

CLASE DEFINITIVA (SEGÚN PROGRAMA CLASIFICACION PUENTES INFOEI)

SENCILLA	RUEDA	100	DOBLE	RUEDAS	-----
	ORUGAS	80		ORUGAS	-----

Tabla B-8. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Clase definitiva según INFOEI

FOTOGRAFIAS, CROQUIS Y PLANOS (Vista lateral, planta y corte transversal)
-Adjuntar como documento aparte.

ANEXO A: DESCRIPCION, CLASE Y FOTOGRAFIAS.
ANEXO B: DETALLES DE ESTRIBOS Y APOYOS.

ANEXO A

DESCRIPCION:

Puente de viga recta de hormigón con perfil en I, formado por tres vanos apoyados sobre dos pilas de sección rectangular fabricadas en hormigón. Construcción anterior a 1971, conclusión en base a una inspección visual donde se aprecia una barandilla metálica redonda oxidada y la ausencia de elementos prefabricados

Los apoyos intermedios son tabiques rectangulares de hormigón cuyo estado de conservación es bastante bueno las medidas y detalles se muestran en el anexo B.

Los estribos son de tipo cerrados con un muro frontal sobre el que se apoya el tablero y unas aletas laterales que al igual del muro frontal sirven para estabilizar los márgenes de la brecha. Los estribos también están contruidos de hormigón. Dimensiones y forma en el anexo B.

No existe la posibilidad de montar un puente reglamentario, sin tener que construir una pila intermedia.

Existen vías alternativas detalladas a continuación:

1.-DESDE CÓRDOBA: CO-110 hasta pasar las Jaras, Continuar recto por la CO-3405 y continuar por CO-110 hasta Villaviciosa de Córdoba, cruzar el pueblo dirección Polígono Industrial y continuar por la A-433 hasta el cruce con la CP-021, coordenadas (X:319396 Y:4208689)

2.-DESDE CÓRDOBA: A-431 hasta Posadas, continuaremos por la A-3075 a la altura de las pistas deportivas y el cementerio, seguiremos recto por la A-3075 en el cruce con la carretera CO-5314 en el kilómetro 51, seguiremos recto hasta el cruce con la CP-021, coordenadas (X:319396 Y:4208689)

CLASE PROVISIONAL

Según las tablas de consulta para la clasificación provisional el resultado sería:

- Ruedas: 30
- Oruga: 30

CLASE DEFINITIVA

Según Momento Flector (M) máximo (Máx.)	Ruedas 100
	Cadenas 80
Según Esfuerzo Cortante (V)	Ruedas 100
	Cadenas 120

Tabla B-9. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Clase definitiva

FOTOGRAFIAS:

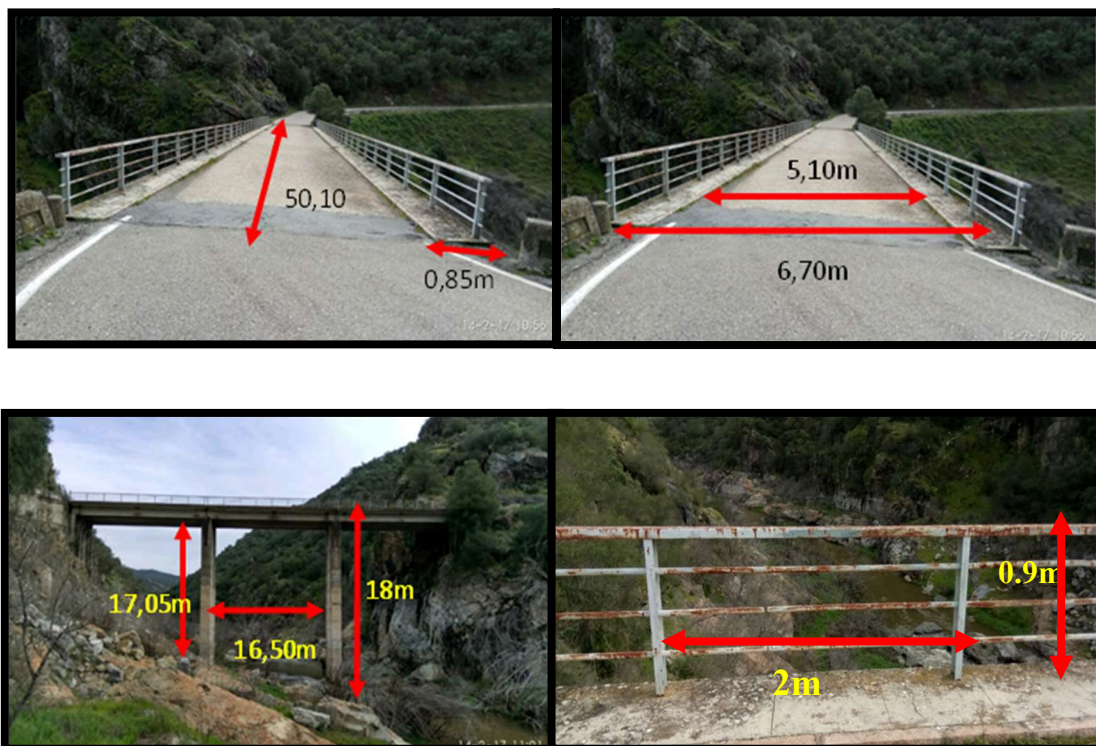


Figura B-17. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Fotografías puente



Figura B-18. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Fotografías pilares

ANEXO B

DETALLES DE ESTRIBOS Y APOYOS:

- ESTRIBO 1

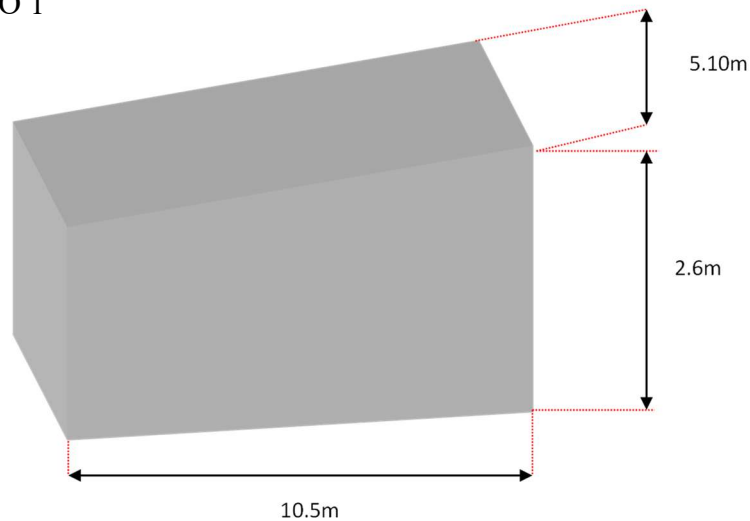


Figura B-19. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Detalles estribo 1

- ESTRIBO 2

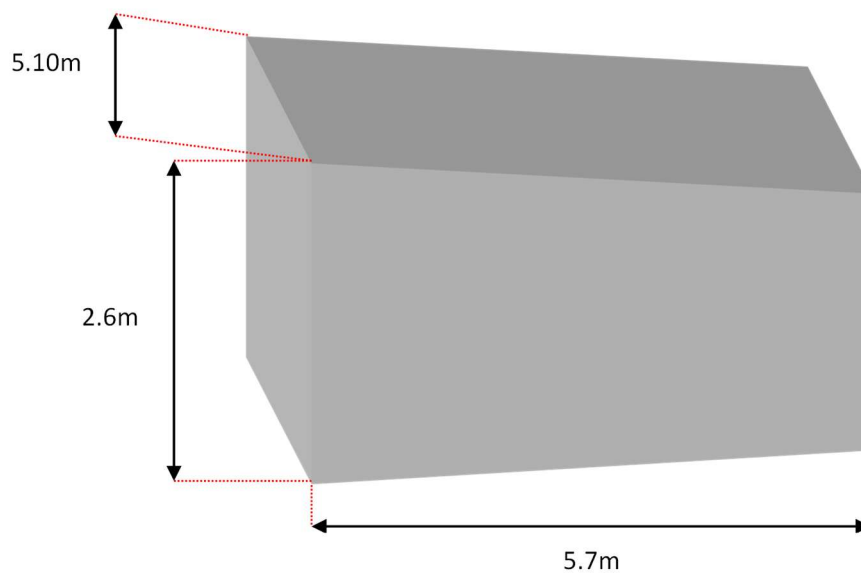


Figura B-20. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Detalles estribo 2

- PILARES

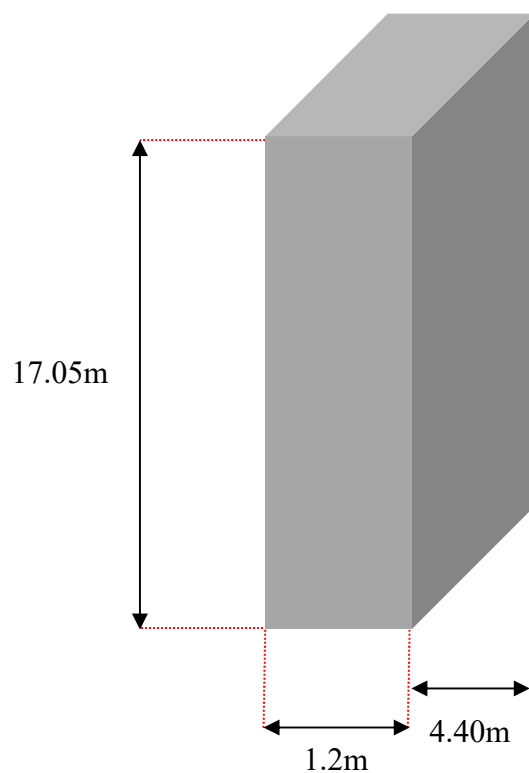


Figura B-21. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Pilares

- BARANDILLA

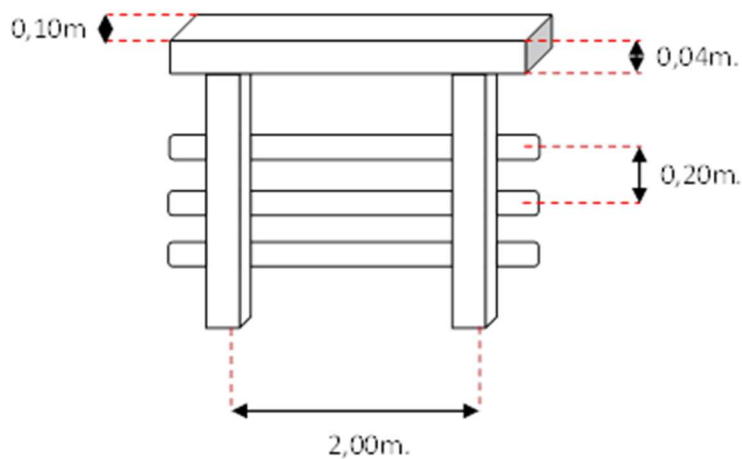


Figura B-22. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Detalles barandilla

- VIGAS

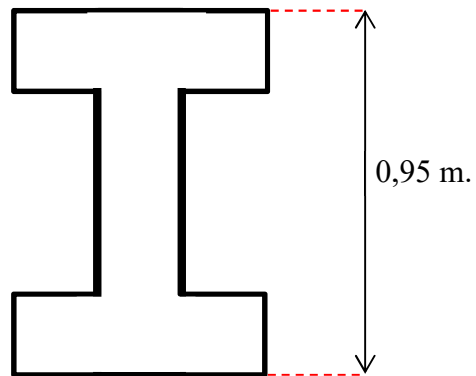


Figura B-23. Ficha de reconocimiento de un puente rellenada. Detalles vigas

Apéndice C. Fotografías de las distintas herramientas

- **Cinta métrica**



Figura C-24. Cinta métrica

- **Sonda náutica Echotest II**



Figura C-25. Sonda náutica Echotest II

- **Cámara de acción Full HD 1080P**



Figura C-26. Cámara de acción Full HD 1080P

- **Material de escalada**

Debido a la alta diversidad de este material, es expuesto en el Apéndice D.

- **Tablet ruggedizada KT86 IP67**

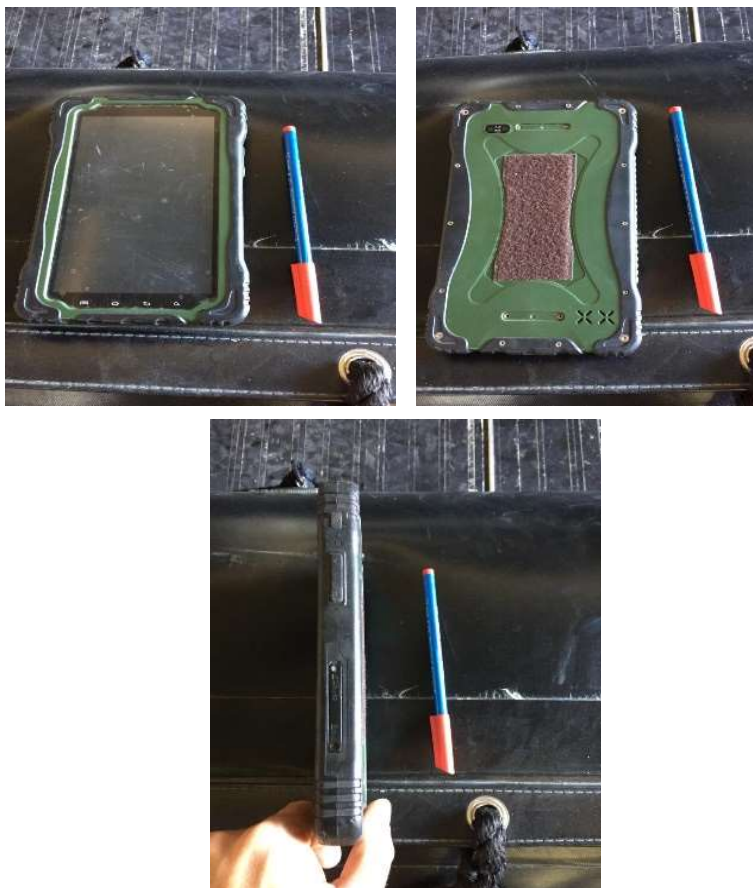


Figura C-27. Tablet "rugerizada"

- **Fichas de puente plastificadas**

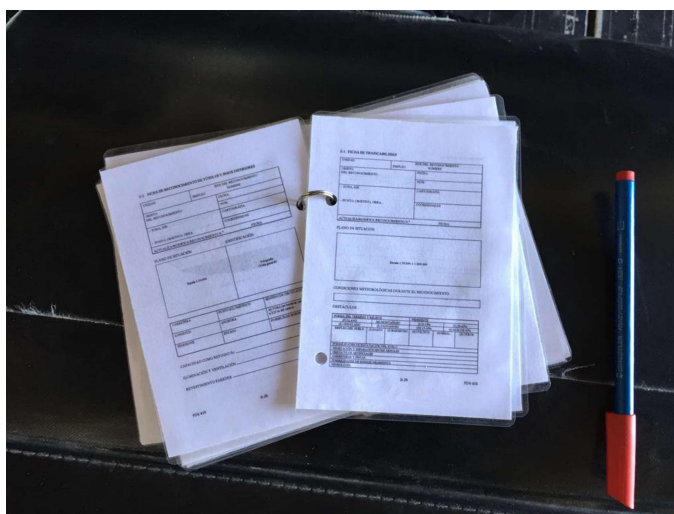


Figura C-28. Fichas de puente plastificadas

- **Telémetro LW600SPI 4-600M**



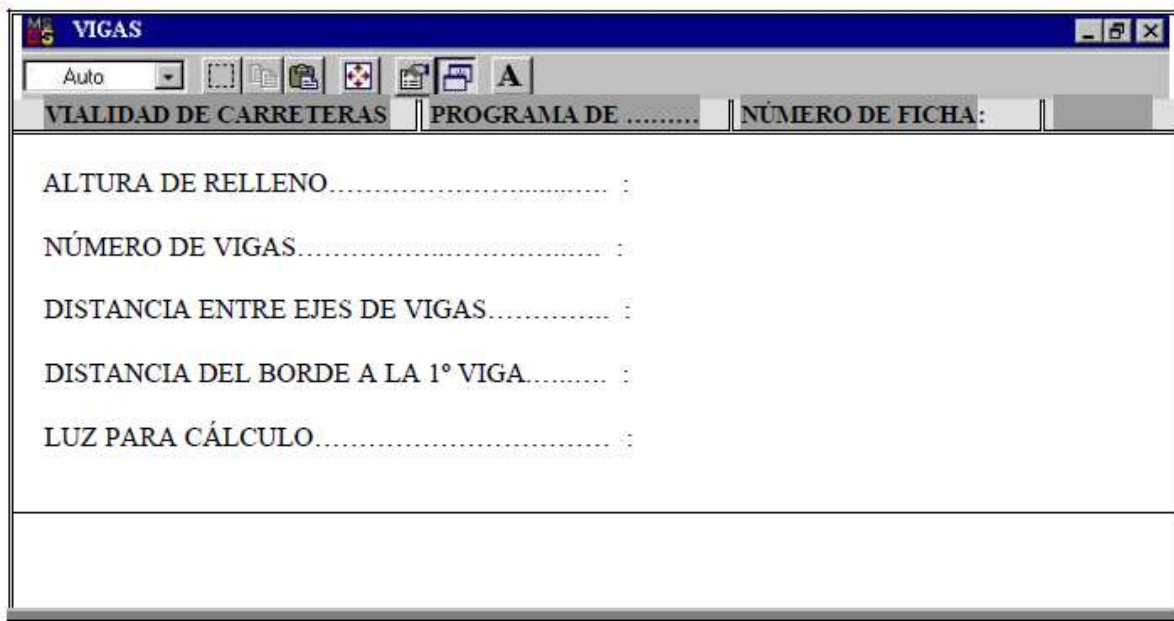
Figura C-29. Telémetro

- **Calibre o pie de rey**



Figura C-30. Calibre o pie de rey

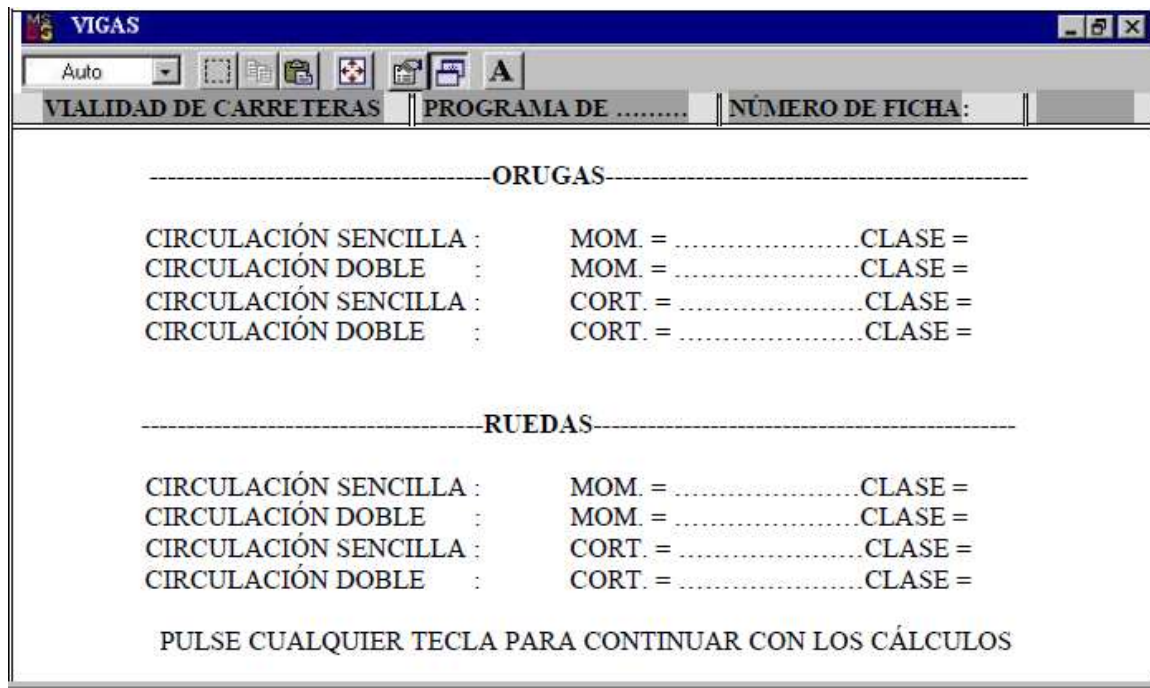
- Programa informático “INFOEI”



The screenshot shows a window titled "VIGAS" with a menu bar (Auto, File, Edit, View, Format, Tools, Window, Help) and a toolbar. Below the menu bar is a tabbed interface with three tabs: "VIALIDAD DE CARRETERAS", "PROGRAMA DE", and "NÚMERO DE FICHA:". The "PROGRAMA DE" tab is active. The main area contains five input fields with labels and a colon separator:

- ALTURA DE RELLENO..... :
- NÚMERO DE VIGAS..... :
- DISTANCIA ENTRE EJES DE VIGAS..... :
- DISTANCIA DEL BORDE A LA 1º VIGA..... :
- LUZ PARA CÁLCULO..... :

Figura C-31. Captura programa INFOEI (1)



The screenshot shows the same "VIGAS" window. The "PROGRAMA DE" tab is active. The main area contains two sections of input fields, each preceded by a dashed line and a section header:

-----ORUGAS-----

CIRCULACIÓN SENCILLA :	MOM. =	CLASE =
CIRCULACIÓN DOBLE :	MOM. =	CLASE =
CIRCULACIÓN SENCILLA :	CORT. =	CLASE =
CIRCULACIÓN DOBLE :	CORT. =	CLASE =

-----RUEDAS-----

CIRCULACIÓN SENCILLA :	MOM. =	CLASE =
CIRCULACIÓN DOBLE :	MOM. =	CLASE =
CIRCULACIÓN SENCILLA :	CORT. =	CLASE =
CIRCULACIÓN DOBLE :	CORT. =	CLASE =

PULSE CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR CON LOS CÁLCULOS

Figura C-32. Captura programa INFOEI (2)

Apéndice D. Fotografías del material de escalada

A continuación, se muestra el diferente material de escalada del que dispone la SEREDEX:



Figura D-33. Casco de protección y arnés de escalada



Figura D-34. Casco de protección. Parte externa



Figura D-35. Casco de protección. Parte interna



Figura D-36. Ocho

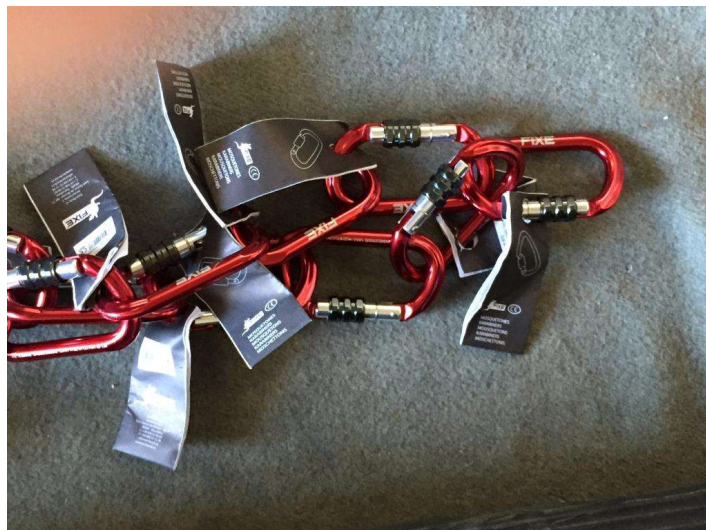


Figura D-37. Mosquetones



Figura D-38. Parte del arnés de seguridad



Figura D-39. Bloqueador de pie (1)



Figura D-40. Bloqueador de pie (2)



Figura D-41. Bloqueador ventral (1)



Figura D-42. Bloqueador ventral (2)

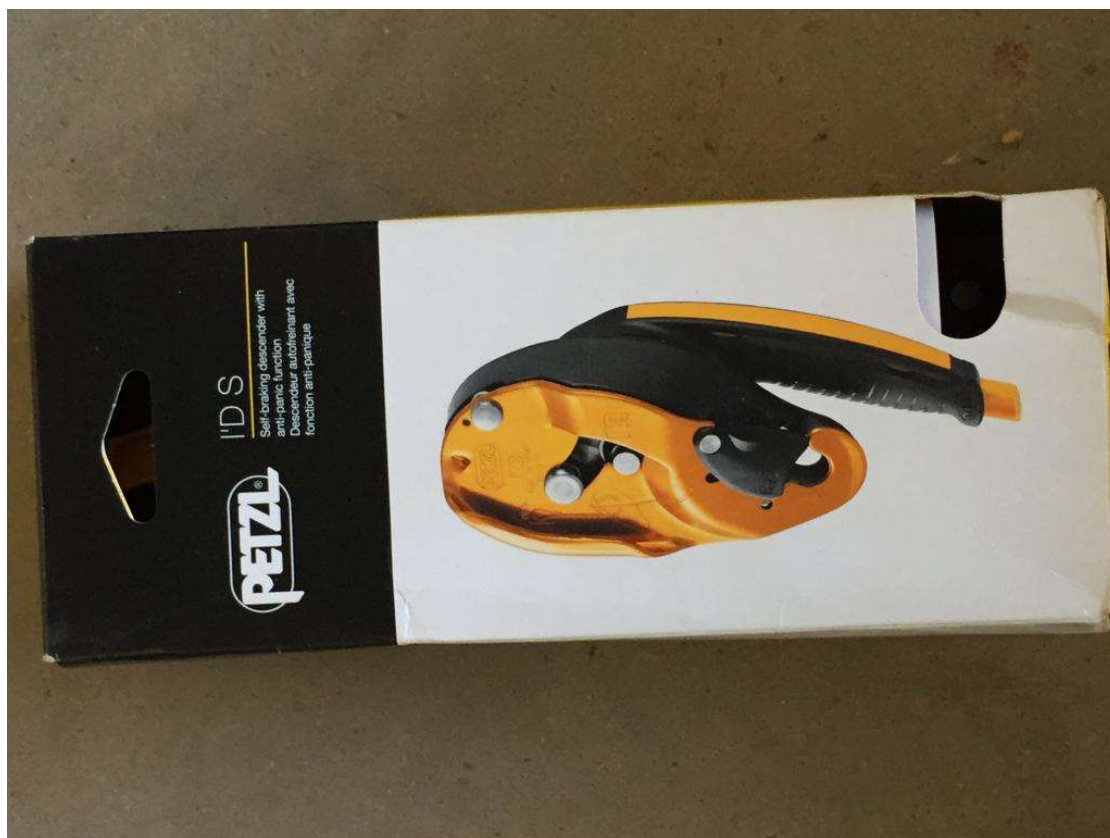


Figura D-43. Descensor (1)



Figura D-44. Descensor (2)



Figura D-45. Bloqueador de cuerda (1)



Figura D-46. Bloqueador de cuerda (2)



Figura D-47. Grigri. Asegurador con freno asistido (1)



Figura D-48. Grigri. Asegurador con freno asistido (2)

Apéndice E. Nuevas herramientas propuestas

- **Odómetro**

El odómetro es un aparato que mide la distancia recorrida. Cada vez que la rueda da una vuelta completa se recorre una distancia igual a su perímetro. Por tanto, contando el número de vueltas se puede conocer con exactitud la distancia total recorrida, la cual es mostrada en un display que dependiendo el modelo de odómetro es analógico o digital.



Figura E-49. Odómetro

- **Distanciómetro láser**

Los distanciómetros láser funcionan según el principio del tiempo de vuelo. El medidor emite una señal de láser a un objetivo y se calcula el tiempo que tarda dicha señal en ir y volver al medidor. Entonces se calcula la distancia basándose en este dato debido que la velocidad de la luz es constante.



Figura E-50. Distanciómetro láser

- **Aparato de medición a través de fotografía**

Este aparato de medición se superpone en la parte trasera de un teléfono móvil o de una tablet haciendo coincidir la cámara fotográfica de ambos dispositivos. Posteriormente, se conecta a través de Bluetooth al móvil o tablet y mediante la aplicación “Smart Measure Pro” permite capturar alturas, anchuras y áreas con imágenes tomadas directamente con el teléfono.



Figura E-51. Aparato de medición a través de fotografía

- **Detector de metales**

Los detectores de metales funcionan transmitiendo un campo electromagnético desde una bobina hacia el terreno. Cualquier objeto metálico dentro del campo electromagnético se energiza y retransmite su propio campo electromagnético. La bobina del detector recibe el campo retransmitido y alerta al usuario mediante la producción de una respuesta, la cual es diferente dependiendo el modelo de detector.



Figura E-52. Detector de metales

- **Inclinómetro**

Un inclinómetro es un instrumento de medición que nos sirve para medir la inclinación de un plano con la horizontal o vertical respecto a la superficie terrestre.



Figura E-53. Inclinómetro

Apéndice F. Proveedores homologados del Batallón de Zapadores X

En la Figura F-54 y Figura F-55 se muestra las tarjetas de ambos proveedores:



Figura F-54. Tarjeta proveedor homologado: deportes MILLA



Figura F-55. Tarjeta proveedor homologado: suministros industriales SIERRA

Después de estudiar los productos que nos ofrecen, se ha determinado que “deportes MILLA” no nos puede suministrar ningún tipo de material del que necesitamos. Sin embargo, “suministros industriales SIERRA” sí que ofrece productos que podrían interesarnos.

Apéndice G. Reducción de productos: de 10 a 3

Las primeras herramientas que se van a comparar son los que pueden ser suministrados por proveedores homologados y posteriormente el resto. En los casos en los que el número de productos ofrecidos sea tres o inferior no tiene sentido la comparación por lo que solamente se mostrará el listado de productos.

G.1. Detectores de metales

La primera herramienta son los detectores de metales de los cuales los proveedores homologados únicamente podrían suministrarnos uno:

Nombre	Precio	Profundidad	Peso
GMS 120 <i>Professional</i> ⁹	130,00 €	120 mm	0,27 kg

Tabla G-10. Detectores de metales en el mercado

A continuación, se explican las variables seleccionadas:

- Precio: precio por unidad.
- Profundidad: distancia que el detector es capaz de profundizar en el material para detectar si existe hierro.
- Peso: peso por unidad.

⁹ <https://www.bosch-professional.com/es/es/products/gms-120-0601081000>

G.2. Distanciómetros láser

La siguiente herramienta son los distanciómetros láser de los cuales los proveedores homologados podrían suministrarnos siete:

Nombre	Precio	Precisión	Alcance	Peso
GLM 30 <i>Professional</i> ¹⁰	91,00 €	2,0 mm	30 m	0,09 kg
GLM 250 VF <i>Professional</i> ¹¹	380,00 €	1,0 mm	250 m	0,24 kg
GLM 150 <i>Professional</i> ¹²	307,00 €	1,0 mm	150 m	0,07 kg
GLM 80 <i>Professional</i> ¹³	243,00 €	1,5 mm	80 m	0,14 kg
GLM 120 C <i>Professional</i> ¹⁴	326,00 €	1,5 mm	120 m	0,21 kg
GLM 40 <i>Professional</i> ¹⁵	125,00 €	1,5 mm	40 m	0,09 kg
GLM 50 C <i>Professional</i> ¹⁶	200,00 €	1,5 mm	50 m	0,10 kg

Tabla G-11. Distanciómetros láser en el mercado

A continuación, se explican las variables seleccionadas:

- Precio: precio por unidad.
- Precisión: posible error que puede mostrar el resultado de la medición. Puede ser tanto positivo como negativo.
- Alcance: distancia a la que el distanciómetro láser es capaz de realizar una medición.
- Peso: peso por unidad.

¹⁰ <https://www.bosch-professional.com/es/es/products/glm-30-0601072500>

¹¹ <https://www.bosch-professional.com/es/es/products/glm-250-vf-0601072100>

¹² <https://www.bosch-professional.com/es/es/products/glm-150-0601072000>

¹³ <https://www.bosch-professional.com/es/es/products/glm-80-0601072300>

¹⁴ <https://www.bosch-professional.com/es/es/products/glm-120-c-0601072F00>

¹⁵ <https://www.bosch-professional.com/es/es/products/glm-40-0601072900>

¹⁶ <https://www.bosch-professional.com/es/es/products/glm-50-c-0601072C00>

Posteriormente calculamos CP, CQ y AP de cada producto según las fórmulas indicadas en el Apartado 4.1.:

Nombre	CP	CQ	AP
<i>GLM 30 Professional</i>	1,0000	1,3333	1,3333
<i>GLM 250 VF Professional</i>	4,0000	2,0000	0,5000
<i>GLM 150 Professional</i>	3,2422	2,3333	0,7196
<i>GLM 80 Professional</i>	2,5778	1,3333	0,5172
<i>GLM 120 C Professional</i>	3,4394	1,3333	0,3876
<i>GLM 40 Professional</i>	1,3529	1,3333	0,9855
<i>GLM 50 C Professional</i>	2,1314	1,3333	0,6255

Tabla G-12. Valores CP, CQ y AP. Distanciómetros láser

Para el cálculo de la CQ se ha utilizado la Tabla G-13. Los porcentajes están calculados respecto al mayor valor de cada propiedad:

Propiedad	Puntuación en calidad de cada propiedad		
	1	2	3
Precisión	> 66%	Entre 33% y 66%	< 33%
Alcance	< 33%	Entre 33% y 66%	> 66%
Peso	> 66%	Entre 33% y 66%	< 33%

Tabla G-13. Datos para calcular CQ. Distanciómetros láser

Una vez calculada la AP, los 3 productos seleccionados de acuerdo con el análisis de valor son los mostrados en la Tabla G-14:

Nombre	Precio	Precisión	Alcance	Peso
<i>GLM 30 Professional</i>	91,00 €	2,0 mm	30 m	0,09 kg
<i>GLM 150 Professional</i>	307,00 €	1,0 mm	150 m	0,07 kg
<i>GLM 40 Professional</i>	125,00 €	1,5 mm	40 m	0,09 kg

Tabla G-14. Tres distanciómetros láser seleccionados en el análisis de valor

G.3. Inclínómetros

El siguiente producto son los inclinómetros de los cuales los proveedores homologados podrían suministrarnos seis:

Nombre	Precio	Precisión	Tamaño	Peso
GAM 220 Professional¹⁷	187,00 €	0,1°	52 cm	1,30 kg
GIM 120 Professional¹⁸	187,00 €	0,2°	“Información no disponible”	1,30 kg
GAM 220 MF Professional¹⁹	211,00 €	0,1°	“Información no disponible”	1,20 kg
GAM 270 MFL Professional²⁰	327,00 €	0,1°	“Información no disponible”	1,70 kg
GIM 60 L Professional²¹	255,00 €	0,1°	60 cm	0,91 kg
GIM 60 Professional²²	164,00 €	0,2°	60 cm	0,77 kg

Tabla G-15. Inclínómetros en el mercado

A continuación, se explican las variables seleccionadas:

- Precio: precio por unidad.
- Precisión: posible error que puede mostrar el resultado de la medición. Puede ser tanto positivo como negativo.
- Tamaño: longitud que mide cada unidad.
- Peso: peso por unidad.

Posteriormente calculamos CP, CQ y AP de cada producto según las fórmulas indicadas en el Apartado 4.1.:

Nombre	CP	CQ	AP
GAM 220 Professional	1,4233	1,3333	0,9367
GIM 120 Professional	1,4233	1,3333	0,9367
GAM 220 MF Professional	1,8650	1,6666	0,8936
GAM 270 MFL Professional	4,0000	1,6666	0,4166
GIM 60 L Professional	2,6748	1,6666	0,6230
GIM 60 Professional	1,0000	1,3333	1,3333

Tabla G-16. Valores CP, CQ y AP. Inclínómetros

¹⁷ <https://www.bosch-professional.com/es/es/products/gam-220-0601076500>

¹⁸ <https://www.bosch-professional.com/es/es/products/gim-120-0601076800>

¹⁹ <https://www.bosch-professional.com/es/es/products/gam-220-mf-0601076600>

²⁰ <https://www.bosch-professional.com/es/es/products/gam-270-mfl-0601076400>

²¹ <https://www.bosch-professional.com/es/es/products/gim-60-l-0601076900>

²² <https://www.bosch-professional.com/es/es/products/gim-60-0601076700>

Para el cálculo de la CQ se ha utilizado la Tabla G-17. Los porcentajes están calculados respecto al mayor valor de cada propiedad y los datos que sean desconocidos se han clasificado con puntuación 2:

Propiedad	Puntuación en calidad de cada propiedad		
	1	2	3
Precisión	> 66%	Entre 33% y 66%	< 33%
Tamaño	> 66%	Entre 33% y 66%	< 33%
Peso	> 66%	Entre 33% y 66%	< 33%

Tabla G-17. Datos para calcular CQ. Inclinómetros

Una vez calculada la AP, los 3 productos seleccionados de acuerdo con el análisis de valor son los mostrados en la Tabla G-18:

Nombre	Precio	Precisión	Tamaño	Peso
<i>GAM 220 Professional</i>	187,00 €	0,1°	52 cm	1,30 kg
<i>GIM 120 Professional</i>	187,00 €	0,2°	“Información no disponible”	1,30 kg
<i>GIM 60 Professional</i>	164,00 €	0,2°	60 cm	0,77 kg

Tabla G-18. Tres inclinómetros seleccionados en el análisis de valor

G.4. Odómetros

El siguiente producto son los odómetros de los cuales los proveedores homologados solamente podrían suministrarnos uno:

Nombre	Precio	Distancia	Diámetro rueda
GWM 32²³	83,00 €	9999,9 m	318,5 mm

Tabla G-19. Odómetros en el mercado

A continuación, se explican las variables seleccionadas:

- Precio: precio por unidad.
- Distancia: distancia máxima que es capaz de recorrer acumulando vueltas y mostrando la medición correspondiente.

²³ <https://www.bosch-professional.com/es/es/topometros-2492367-ocs-c/>

G.5. Calibres digitales

A partir de aquí los productos ya no son de proveedor oficial. El siguiente producto son los calibres digitales:

Nombre	Precio	Precisión	Capacidad
Calibre DEXTER Digital ²⁴	30,99 €	“Información no disponible”	150 mm
Calibre Digital (BT-Ingenieros) ²⁵	14,50 €	1,0 mm	150 mm
Calibre Inoxidable Digital con estuche - NEOFERR - PT1563 ²⁶	32,83 €	“Información no disponible”	150 mm
Calibre Digital MANNESMANN M823-160 ²⁷	24,50 €	“Información no disponible”	150 mm
Calibre Digital Inoxidable CLD-15 ²⁸	19,00 €	3,0 mm	150 mm
Calibre Digital (SoloStocks) ²⁹	9,90 €	“Información no disponible”	150 mm
CE203 ³⁰	110,00 €	0,01 mm	150 mm
CE203A ³¹	152,00 €	0,01 mm	200 mm
CE203B ³²	199,00 €	0,01 mm	300 mm

Tabla G-20. Calibres digitales en el mercado

²⁴<http://www.leroymerlin.es/fp/17565254/calibre-dexter-digital-150-mm?idCatPadre=600256&pathFamiliaFicha=550307>

²⁵https://www.bt-ingenieros.com/modelismo-y-precision/157-calibre-digital-electronico-150-mm.html?gclid=EAiaIQobChMIL_-jgbHp5AIVCPhRCh2vugN9EAMYAiAAEgLBaVD_BwE

²⁶<https://www.manomano.es/p/calibre-inoxidable-digital-con-estuche-150-mm-profer-top-pt1563-3196563>

²⁷<https://www.manomano.es/p/calibre-digital-pie-de-rey-electronico-150mm-con-estuche-mannesmann-m823-160-11213541>

²⁸<https://www.solostocks.com/venta-productos/iluminacion-interiores/lamparas-pie/calibre-digital-inox-0-150mm-c-estuche-17890017>

²⁹<https://www.solostocks.com/venta-productos/medidores-calibradores/calibres/calibre-digital-pie-de-rey-150-mm-11780405>

³⁰<http://www.gisiberica.com/calibres/CE203.html>

³¹<http://www.gisiberica.com/calibres/CE203.html>

³²<http://www.gisiberica.com/calibres/CE203.html>

A continuación, se explican las variables seleccionadas:

- Precio: precio por unidad.
- Precisión: posible error que puede mostrar el resultado de la medición. Puede ser tanto positivo como negativo.
- Capacidad: es el tamaño más amplio que es capaz de medir, es decir, sólo puede medir tamaños más pequeños que su capacidad.

Posteriormente calculamos CP, CQ y AP de cada producto según las fórmulas indicadas en el Apartado 4.1.:

Nombre	CP	CQ	AP
Calibre DEXTER Digital	1,3345	2,0000	1,4985
Calibre Digital (BT-Ingenieros)	1,0729	2,0000	1,8639
Calibre Inoxidable Digital con estuche - NEOFERR - PT1563	1,3637	2,0000	1,4665
Calibre Digital MANNESMANN M823-160	1,2316	2,0000	1,6238
Calibre Digital Inoxidable CLD-15	1,1443	2,0000	1,3107
Calibre Digital (SoloStocks)	1,0000	2,0000	2,0000
CE203	2,5880	2,5000	0,9659
CE203A	3,2543	3,0000	0,9218
CE203B	4,0000	3,0000	0,7500

Tabla G-21. Valores CP, CQ y AP. Calibres digitales

Para el cálculo de la CQ se ha utilizado la Tabla G-22. Los porcentajes están calculados respecto al mayor valor de cada propiedad y los datos que sean desconocidos se han clasificado con puntuación 2:

Propiedad	Puntuación en calidad de cada propiedad		
	1	2	3
Precisión	> 66%	Entre 33% y 66%	< 33%
Capacidad	< 33%	Entre 33% y 66%	> 66%

Tabla G-22. Datos para calcular CQ. Calibres digitales

Una vez calculada la AP, los 3 productos seleccionados de acuerdo con el análisis de valor son los mostrados en la Tabla G-23:

Nombre	Precio	Precisión	Capacidad
Calibre Digital (BT-Ingenieros)	14,50 €	1,0 mm	150 mm
Calibre Digital MANNESMANN M823-160	24,50 €	“Información no disponible”	150 mm
Calibre Digital (SoloStocks)	9,90 €	“Información no disponible”	150 mm

Tabla G-23. Tres calibres digitales seleccionados en el análisis de valor

G.6. Sondas náuticas

El siguiente producto son las sondas náuticas:

Nombre	Precio	Pantalla	Profundidad	Potencia eléctrica	Peso
Sonda GPS Plotter Lowrance Elite-7 Ti2³³	793,00 €	7,0"	"Información no disponible"	"Información no disponible"	"Información no disponible"
Lowrance Elite 9 Ti2 Sonda GPS Plotter³⁴	880,00 €	9,0"	305 m	500 W	"Información no disponible"
Sonda GPS Plotter Lowrance HOOK2-5x SplitShot³⁵	272,00 €	5,0"	91 m	500 W	0,46 kg
Humminbird Piranha Max 4 Sonda³⁶	147,00 €	4,3"	183 m	300 W	"Información no disponible"
Sonda GPS Plotter Lowrance HOOK2-7x SplitShot³⁷	365,00 €	7,0"	"Información no disponible"	"Información no disponible"	0,70 kg
Sonda GPS Plotter Lowrance HOOK2-9 SplitShot³⁸	585,00 €	9,0"	"Información no disponible"	"Información no disponible"	1,00 k
Simrad GPS Plotter Sonda Go5 Xse Row³⁹	581,60 €	5,0"	"Información no disponible"	"Información no disponible"	0,53 kg
Garmin GPS Plotter Sonda GPSMap 722xs⁴⁰	899,00 €	7,0"	1500 m	1000 W	0,86 kg

Tabla G-24. Sondas náuticas en el mercado

³³ <https://onnavtic.com/2391-sonda-gps-plotter-lowrance-elite-7-ti2.html>

³⁴ https://www.gpsnautico.com/sonda-gps-plotter/1493-lowrance-elite-9-ti2-sonda-gps-plotter.html?gclid=EAlaIqobChMI6efvjeLm5AIViYbVCh3qowlWEAYYBCABEgI1wFD_BwE

³⁵ <https://onnavtic.com/1120-sonda-gps-plotter-lowrance-hook2-5x-splitshot.html>

³⁶ <https://www.gpsnautico.com/sondas/745-humminbird-piranha-max-4.html>

³⁷ <https://onnavtic.com/1121-sonda-gps-plotter-lowrance-hook2-7x-splitshot.html>

³⁸ <https://onnavtic.com/1118-sonda-gps-plotter-lowrance-hook2-9-splitshot.html>

³⁹ <https://www.francobordo.com/simrad-gps-plotter-sonda-go5-xse-row-sin-transductor-p-342519.html?osCsid=f6v1r0rd7gevtlloutifk4n14>

⁴⁰ <https://www.francobordo.com/garmin-gps-plotter-sonda-gpsmap-722xs-sin-transductor-p-344935.html?osCsid=f6v1r0rd7gevtlloutifk4n14>

A continuación, se explican las variables seleccionadas:

- Precio: precio por unidad.
- Pantalla: tamaño de la pantalla.
- Profundidad: distancia máxima a la que es capaz de realizar una medición del fondo del río.
- Potencia eléctrica: cantidad que consume.
- Peso: peso por unidad.

Posteriormente calculamos CP, CQ y AP de cada producto según las fórmulas indicadas en el Apartado 4.1.:

Nombre	CP	CQ	AP
Sonda GPS Plotter Lowrance Elite-7 Ti2	3,5771	2,2500	0,6289
Lowrance Elite 9 Ti2 Sonda GPS Plotter	3,9242	2,0000	0,5096
Sonda GPS Plotter Lowrance HOOK2-5x SplitShot	1,4986	1,7500	1,1677
Humminbird Piranha Max 4 Sonda	1,0000	1,5000	1,5000
Sonda GPS Plotter Lowrance HOOK2-7x SplitShot	1,8696	2,0000	1,0697
Sonda GPS Plotter Lowrance HOOK2-9 SplitShot	2,7473	2,2500	0,8189
Simrad GPS Plotter Sonda Go5 Xse Row	2,7337	2,0000	0,7315
Garmin GPS Plotter Sonda GPSMap 722xs	4,0000	2,5000	0,6250

Tabla G-25. Valores CP, CQ y AP. Sondas náuticas

Para el cálculo de la CQ se ha utilizado la Tabla G-26. Los porcentajes están calculados respecto al mayor valor de cada propiedad y los datos que sean desconocidos se han clasificado con puntuación 2:

Propiedad	Puntuación en calidad de cada propiedad		
	1	2	3
Profundidad	< 33%	Entre 33% y 66%	> 66%
Potencia	< 33%	Entre 33% y 66%	> 66%
Tamaño pantalla	< 33%	Entre 33% y 66%	> 66%
Peso	> 66%	Entre 33% y 66%	< 33%

Tabla G-26. Datos para calcular CQ. Sondas náuticas

Una vez calculada la AP, los 3 productos seleccionados de acuerdo con el análisis de valor son los mostrados en la Tabla G-27:

Nombre	Precio	Pantalla	Profundidad	Potencia eléctrica	Peso
Sonda GPS Plotter Lowrance HOOK2-5x SplitShot	272,00 €	5,0"	91 m	500 W	0,46 kg
Humminbird Piranha Max 4 Sonda	147,00 €	4,3"	183 m	300 W	“Información no disponible”
Sonda GPS Plotter Lowrance HOOK2-7x SplitShot	365,00 €	7,0"	“Información no disponible”	“Información no disponible”	0,70 kg

Tabla G-27. Tres sondas náuticas seleccionadas en el análisis de valor

G.7. Aparato de medición a través de fotografía

El siguiente producto es el aparato de medición a través de fotografía:

Nombre	Precio	Alcance	Precisión
Dispositivo de medición digital Smart Measure Pro Stanley ⁴¹	94,31 €	137 m	2,0 mm

Tabla G-28. Aparatos de medición a través de fotografía en el mercado

A continuación, se explican las variables seleccionadas:

- Precio: precio por unidad.
- Alcance: distancia a la que el aparato es capaz de realizar una medición.
- Precisión: posible error que puede mostrar el resultado de la medición. Puede ser tanto positivo como negativo.

⁴¹<https://www.unionferretera.com/materiales-construccion-online/equipos-medicion-nivelacion/instrumentos-medicion-digital/dispositivo-de-medicion-y-estimacion-digital-smart-measure-pro-stanley.html>